Aus der Universitätsklinik und Poliklinik
für Hals-, Nasen- und Ohrenkranke im Kopfklinikum Würzburg
(Direktor: Prof. Dr. W. Kley)

Das Schmetterlingsschema nach Claussen beim Meerschweinchen vor und nach Durchtrennung des Nervus statoacusticus

INAUGURAL - DISSERTATION

verfaßt und dem
Fachbereich Medizin
der Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Matthias Wiebel
aus
Stuttgart

Würzburg , 2. Mai 1979

1980

Aus der Universitätsklinik und Poliklinik
für Hals-, Nasen- und Ohrenkranke im Kopfklinikum Würzburg
(Direktor: Prof. Dr. W. Kley)

Das Schmetterlingsschema nach Claussen beim Meerschweinchen vor und nach Durchtrennung des Nervus statoacusticus

INAUGURAL - DISSERTATION

verfaßt und dem
Fachbereich Medizin
der Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Matthias Wiebel
aus
Stuttgart

Würzburg , 2. Mai 1979

Referent: Prof. Dr. med. C. F. Claussen

Korreferent: Prof. Dr. med. H. G. Mertens

Dekan: Prof. Dr. med. O. Schrappe

Tag der mündlichen Prüfung: 31. 1. 1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches Medizin
der Universität Würzburg

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. EINLEITUNG	1
II. VERSUCHSBESCHREIBUNG	2
1. Technische Grundlagen des Versuchs	
2. Die kalorische Vestibularisprüfung beim Meerschweinchen	4
a) Rasse und Gewicht	
b) Anatomie des äußeren Gehörgangs, des Mittelohrs und des Innenohrs	5
c) Die Kalorisation des Meerschweinchens	6
3. Die operative Destruktion des ersten vestibulären Neurons	8
a) Tiernarkose und Prämedikation	
b) Mikrochirurgisches Operationsverfahren zur Durchtrennung des rechten Nervus statoacusticus	9
c) Die postoperative Behandlung	11
4. Die Auswertung der Kalorisationselektronystagmogramme unter besonderer Berücksichtigung des Schmetterlingsverfahrens	12
III. ERGEBNISSE	16
A Statistische Ergebnisse	
1. Versuchstierstatistik	
2. Auswertung der Elektronystagmogramme	18
a) Der Spontannystagmus	
b) Ergebnisse der kalorischen Prüfungen	20
c) Trends	27
B Kasuistische Beispiele	31
1. Fall 1: Das Perbright-Meerschweinchen Nr. 352	
a) Die Elektronystagmogramme	
b) Beispiele von Reaktionskennlinien	36

c) Die Schmetterlinge des Perbright-Meerschweinchens Nr. 352 38
2. Fall 2: Das Perbright-Meerschweinchen Nr. 350 41
a) Die Elektronystagmogramme
b) Die Reaktionskennlinien des Tieres Nr. 350 44
IV. DISKUSSION 45
1. Die Bedeutung des Experiments für das naturwissenschaftliche Modell
2. Differentielle Topodiagnostik mit Hilfe von neurootologischen Funktionsprüfungen 49
3. Wertung der eigenen Ergebnisse 53
4. Ausblick 58
V. ZUSAMMENFASSUNG 60
VI. LITERATURVERZEICHNIS 62

I. EINLEITUNG

Die Neurootologie zieht besonderen Vorteil aus der Tatsache, daß die Gleichgewichtsfunktionsprüfungen sensomotorische Untersuchungen sind. Auf die Reizung eines spezifischen Sinnesorganes, z. B. des vestibulären Bogengangapparates, folgt nach Verarbeitung der Stimulusinformation im Gehirn eine spezifische Muskelreaktion zugeschalteter motorischer Apparate. Nach Barâny kann man ein solches System etwa im Sinne eines physikalischen Versuchs mit Ursache und Wirkungskette betrachten. Für diese grundlegenden neurootologischen Arbeiten wurde Barâny mit dem Nobelpreis 1914 belohnt. Ihm war es erstmals gelungen, die kalorische Nystagmusprüfung physikalisch-kybernetisch zu erklären. Eine klinische Verbesserung erfuhr die Vestibularisprüfung durch Hallpike, der 1940 Methoden zur standardisierten Kalorisation und zur standardisierten Reaktionsmessung beschrieb.

Die vorliegende Arbeit baut auf den verfeinerten Vestibularisprüfmethoden von Claussen auf. Neben der bekannten Verwendung von standardisierten Stimuli benutzt er bei der klinischen Prüfung ein synoptisches Koordinatensystem mit Normbereichen zur Darstellung von Reaktionsgesamtmustern für die kalorische Vestibularisprüfung. Dieses auch Schmetterlingsschema genannte System erlaubt es auf einen Blick, den kalorischen experimentellen Nystagmus mit dem Spontannystagmus, den experimentellen Nystagmus nach Reiz des rechten Ohres mit dem nach Reizung des linken Ohres, den experimentellen rechtsschlägigen Nystagmus mit dem linksschlägigen und die einzelnen Reaktionen im Hinblick auf den Normbereich zu vergleichen.

An Hand seiner Datenbank Nodec gelang es Claussen, für typische Schmetterlingskennlinienmuster z. T. typische Funktionsstörungen zu beschreiben. Diese Arbeitsweise folgte einem überwiegend deduktiven, klinisch-katamnestischen Prinzip.

Mit der vorliegenden Arbeit wird nun der Versuch unternommen, im Tierexperiment ein Schmetterlingskalorigramm für das Meerschweinchen aufzubauen. Dieses Verfahren gestattet dann, in einem zweiten Schritt experimentell spezielle Läsionen im Bereich des ersten vestibulären Neurons zu setzen und die danach auftretenden kalorischen Schmetterlingsmuster zu untersuchen. Damit wird das klinisch-kybernetische Modell der Vestibularisdiagnostik nach Claussen um das naturwissenschaftliche Experiment erweitert.

II. VERSUCHSBESCHREIBUNG

1. Technische Grundlagen des Versuchs

Das Elektronystagmogramm:

Das Elektronystagmogramm zeichnet bioelektrische Signale auf. Diese bioelektrischen Potentiale entstehen dadurch, daß das Auge die Eigenschaften eines Dipols besitzt. Die gut durchblutete Retina ist negativ, die bradytrophe Cornea positiv geladen. Als Modell stelle man sich eine Batterie vor, die zwischen zwei fixen Elektroden liegt. Schließt man diese Elektroden an ein Galvanometer an, so werden Bewegungen der Batterie als Potentialschwankungen registriert. Die Potentialschwankungen korrelieren mit den Lageänderungen der Batterie.

Mit einer Ableitungsebene, wie sie oben beschrieben wird, läßt sich jedoch nur eine Projektion der tatsächlichen Augenbewegung auf dieser Ebene festhalten. Erst eine zweite Ableitungsebene erlaubt die Rekonstruktion der eigentlichen Bewegung über ein Kräfteparallelogramm der Amplituden.

Zur Ableitung werden in der vorliegenden Arbeit eingenähte Knochendrahtelektroden verwendet. Sie werden in den Augenwinkeln angebracht. Bei der klinischen Anwendung der Elektronystagmographie ist ein solches Vorgehen aber nicht möglich. Der Hautwiderstand wird hier durch z-förmige Silberblechelektroden, die flächenhaft aufliegen, überwunden. EKG-Kontaktpaste wird zwischen Haut und Elektrode gegeben. Mit unabgeschirmten Kabeln leiten wir die Signale ab.

Die Potentialschwankungen müssen durch Verstärker vergrössert werden. Gleichstromverstärker (auch DC-Verstärker genannt) geben das getreueste Bild der Augenbewegungen wieder. Von Nachteil ist, daß kleinste Störspannungen bereits die Zeiger abwandern lassen. Die Wechselstromverstärkung (AC-) erlaubt es besser, diese Störfaktoren zu vermeiden. Es werden nur Potentialveränderungen verstärkt, die in einer Funktion der Zeit abgebaut werden. Die Zeitkonstante t_c gibt die Zeit an, in der die anliegende Spannung eines Rechtecksignals auf den e-ten Teil abgebaut wird, also auf ca. 1/3 der Ausgangsspannung abfällt. So werden die Zeiger immer wieder auf die Nullinie zurückgeführt. Eine Zeitkonstante von 0,6 bis 1,2 sec. hat sich als optimal herausgestellt. Filter von 15 bis 30 Hz sollen das Rauschen unterdrücken. Eichimpulse von 100 bzw. 200 Mikrovolt sollen

einen Zeigerausschlag von 1 cm hervorrufen, so daß die Messung der elektrischen Amplitude möglich wird.
In der vorliegenden Arbeit muß die Verstärkung aus apparativen Gründen mit 50 Mikrovolt geeicht werden, die einen Ausschlag von meist 0,3 bis 0,5 cm ergeben. Größere Verstärkungen lassen spontane Umweltpotentiale als Rauschen auftreten. So aber gehen diese Störfaktoren in der Strichdicke unter.

Ein Mehrkanalthermoschreiber zeichnet auf thermosensitivem Papier die Signale auf. Die Laufgeschwindigkeit kann verstellt werden. Wir schreiben meist mit 10 mm/sec. Papiergeschwindigkeit und schalten bei schnellen Nystagmusphasen auf 25 mm/sec. um.

2. Die kalorische Vestibularisprüfung beim Meerschweinchen

An einem Meerschweinchenkollektiv soll der kalorische Horizontalnystagmus untersucht werden, vor und nach Unterbrechung des ersten vestibulären Neurons.

Zunächst wird ein Basiskalorigramm hergestellt. Dann wird der rechte Nervus statoacusticus durchtrennt. Dieser Operation schließen sich zwei weitere Kalorisierungen an, die erste nach 10 Tagen, die zweite nach 20 Tagen.

a) Rasse und Gewicht

Es werden Bastardmeerschweinchen und reinrassige Meerschweinchen vom Stamm der Perbright-Meerschweinchen un-

tersucht. Es sind Tiere weiblichen und männlichen Geschlechts, die im Durchschnitt 475 g wiegen.

b) Anatomie des äußeren Gehörgangs, des Mittelohrs und des Innenohrs

Inspektionsbefund:

Die Ohrmuschel der Meerschweinchen zeigt sich als aufrechtstehendes dünnes Blatt, das gut beweglich ist. Der äußere Gehörgang endet an der Basis der Ohrmuschel so, daß nicht direkt in ihn eingesehen werden kann, da der Tragus darüber hinwegragt. Zunächst fällt es uns schwer, mit dem Kalorisierungsschläuchchen in den meatus acusticus externus zu gelangen. Wir resezieren daher bei einigen Tieren den Tragus. Es stellt sich dann der porus acusticus externus als kreisrunde Öffnung von ca. 2 mm Durchmesser dar. Die haarfreie Haut glänzt und Cerumen-Bröckchen kleben an ihr. Auch im Gehörgang finden wir immer wieder Cerumen, der mit der Mikropinzette entfernt werden muß.

Später belassen wir den Tragus, da wir mehr Übung im Kalorisieren haben und der Tragus zusätzlichen Halt für das eingelegte Schläuchchen bietet.

Funktionelle Anatomie:

Die Temperaturveränderung setzt sich über die hintere Knochenwand des Gehörgangs fort in das Mastoid und erreicht hier den am stärksten exponierten horizontalen Bogengang. Steht dieser senkrecht, so steigt die Endolymphe bei Erwärmung nach oben, bei Kaltreizung fließt sie nach abwärts. In jedem Falle resultiert eine Auslenkung der Cupula und damit ein Reiz.

Dieser Reiz führt zur Änderung der "trains of spikes", d. h. der Impulszahl, die von der Cupula über den Ramus superior nervi octavi zu dem Rhombencephalon geleitet werden. Ein Warmreiz führt zu einem Endolymphstrom in Richtung auf den Utriculus und zu einer Steigerung der "trains of spikes". Ein Kaltreiz verursacht eine Flüssigkeitsbewegung vom Utriculus weg und folglich eine Verminderung der "trains of spikes".

Wenn bei der kalorischen Prüfung, wie in der vorliegenden Arbeit, monaural gereizt wird, kommt es durch den einseitigen Reiz zu einer Diskrepanz der "trains of spikes" des linken und des rechten Ohres. Dieser Unterschied wird zentral als Drehbewegung erfaßt und löst reflektorisch einen Nystagmus aus.

Der Nystagmus schlägt in die Richtung der Seite, von der die höhere Anzahl der Impulse kommt, bei Warmreiz also in die ipsilaterale Richtung, bei Kaltreiz hingegen in die kontralaterale Richtung.

c) Die Kalorisation des Meerschweinchens

Die Tiere werden bei vollem Bewußtsein untersucht, um eine adäquate Reizantwort zu erhalten. Auf einem kippbaren Untersuchungstisch liegt das Tier, festgehalten durch Gummischlaufen an den Pfoten, die die vier Extremitäten abspreizen und dem Tier damit die Bewegungsfreiheit nehmen. Seitlich vom Nacken des Tieres ragen rechts und links zwei Stifte aus dem Tisch: sie sollen Nacken und Kopf des Tieres fixieren helfen. Um die Immobilisierung des Kopfes

Abb. 1

zu verbessern, werden zwei Hansaplaststreifen von ca. 0,5 cm Breite vorn am Tisch befestigt, diagonal über Schnauze und Stirn des Tieres nach hinten geführt und wieder an den Tisch geklebt. (s. Abb. 1 - 2)

Als Elektroden ziehen wir mit einer chirurgischen Nadel monofilen oder polyfilen Knochendraht einfach durch die Haut in den Augenwinkeln. Die Drahtenden befestigen wir mit Schraubmuffen an den Ableitungskabeln. Die Erdung liegt an der Ohrmuschel und am Auffangbecken, in dem der Untersuchungstisch steht. Die Ableitungen sind so gepolt, daß eine Rechtsbewegung der Augen zu einem Aufwärtsausschlag, eine Linksbewegung zu einem Abwärtsausschlag führt. Die Bewegungen des rechten Auges zeichnet die obere Spur auf, die des linken die untere.

Wir verwenden einen 19-Zoll-Schrank mit Einschüben der Firma Hellige. Von dieser Firma ist er zusammengestellt worden mit einem EEG-Vorverstärker, mehreren Verstärkereinschüben und einem Kardioskop. Ein Mehrkanalschreiber der Firma Hellige schreibt mit Thermoschreibern auf thermosensitivem Papier. Die Papiergeschwindigkeit ist umschaltbar. Die Zeitkonstante t_c beträgt 1 sec.

Nachdem das Tier aufgespannt ist, und die Elektroden eingenäht und angeschlossen sind, wird der Tisch vorsichtig um 60° aufgerichtet. Je nach Reizart spritzen wir dem Tier in 30 sec. 10 ml warmes (44°C) oder kaltes (30° C) Wasser in den rechten oder linken äußeren Gehörgang. Dazu verwenden wir 20 ml Einmalspritzen, auf die ein flexibles, dünnes Schläuchchen von etwa 4 cm Länge

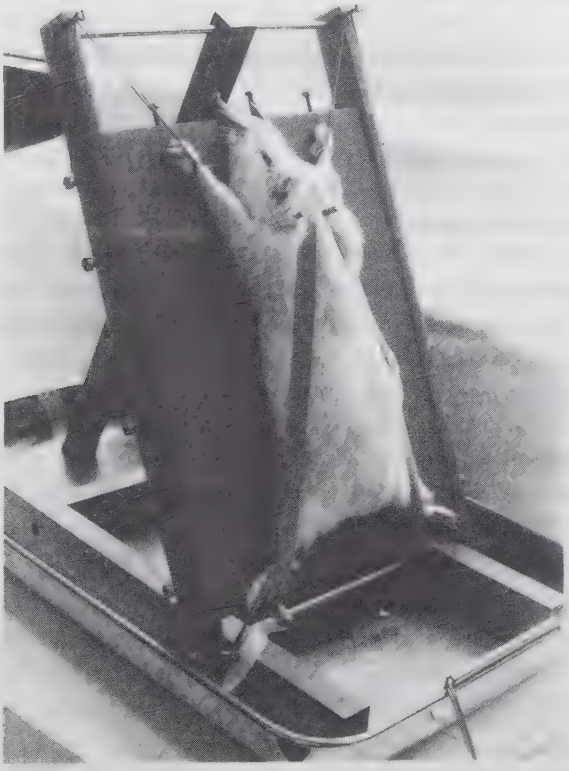


Abb. 2

gesteckt ist, Das Wasser wird am Wasserhahn aus warmem und kaltem gemischt und unter Kontrolle eines Thermometers auf die richtige Temperatur gebracht. Bei den Warmreizen wird 47°C warmes Wasser eingefüllt, um den Wärmeverlust bis zum Spülbeginn zu kompensieren.

Mit Spülbeginn wird der Schreiber eingeschaltet; er zeichnet die Augenbewegungen mindestens bis zum Ende der ersten Nystagmusphase auf und wird dann abgeschaltet. Bei schnellen Nystagmusschlägen wird von 10 mm/sec. Papiergeschwindigkeit auf 25 mm/sec. umgeschaltet, um eine bessere Auflösung der einzelnen Bewegungen zu erhalten.

Nach der Aufzeichnung des Spontannystagmus spülen wir das linke Ohr zunächst mit kaltem (30° C) Wasser, dann mit warmem (44° C). Anschließend wird das rechte Ohr mit kaltem und warmem Wasser gereizt. Zwischen die einzelnen Spülungen legen wir 8 min. Pause ein. Bei Störungen oder schlechtem Ergebnis wiederholen wir die Spülung entweder nach 8 Minuten oder erst nach der oben angegebenen Reizserie. Nach Beendigung der kalorischen Prüfungen werden die eingenähten Knochendrahtelektroden wieder entfernt.

3. Die operative Destruktion des ersten vestibulären Neurons

a) Tiernarkose und Prämedikation

Narkose:
Die Meerschweinchen werden mit Urethan und Äther narkotisiert. Wir geben 0,4 ml/100 g einer 25 % Urethanlösung intraperitoneal, indem eine Bauchfalte abgehoben wird und nach Kontrollaspiration injiziert wird.

Zur Vertiefung und Erhaltung (der abklingenden Urethannarkose) läßt man Äther aus einem imbibierten Tuch bei Bedarf inhalieren.

Lokalanästhesie:
Um den Schmerz bei der Manipulation der Kopfhaut zu vermindern, wird Xylocain im Bereich der Kopfhaut zwischen den Ohren injiziert. Es wird eine 1 : 1 mit Wasser versetzte Lösung appliziert.

Prämedikation:
Nur die Perbrightmeerschweinchen werden prämediziert. Diesen reinrassigen Tieren wird an den zwei der Operation vorangehenden Tagen 0,2 mg Fortecortin in 0,5 ml Lösung i. m. in den Oberschenkel gespritzt.

b) Mikrochirurgisches Operationsverfahren zur Durchtrennung des rechten Nervus statoacusticus

Vorbereitung:
Nachdem das Tier mit Urethanlösung i. p. betäubt ist, wird ein haarfreies Hautfeld von ca. 2 cm Durchmesser zwischen den Ohren mit Hilfe einer Rasiermaschine und anschließend mit PILCA-Haarentfernungscreme geschaffen. Diese Fläche und die noch behaarte Umgebung samt Ohrmuscheln wird gründlich desinfiziert mit Dibromoltinktur.

Das Tier wird auf den steril abgedeckten Operationstisch gelegt und mit einem sterilen Tuch bis auf den Kopf zugedeckt. Jetzt wird das Lokalanästheticum injiziert.

Operation:
Da das Tier für die mikroskopische Beobachtung des Operationsfeldes in der richtigen Stellung gehalten werden muß, wird immer zu zweit gearbeitet. Ein 3 - 4 cm langer Schnitt in der Medianlinie wird vom Ansatz der Nackenmuskulatur bis fast zur Verbindungslinie beider Augen geführt. Mit einem Raspatorium wird auf der rechten Schädelseite das Fettgewebe, die Muskulatur und die Aponeurose von der Unterlage in Richtung auf die Zone oberhalb des Gehörgangs abgeschoben. Zwei Spreizklemmen werden rechtwinklig zueinander eingesetzt, so daß ein ungefähr quadratisches Feld gebildet wird, auf dessen Grund sich die knöcherne Außenwand der rechten Schädelkalotte darstellt.

Das bereitstehende Mikroskop wird eingeschaltet und mit 6-facher Vergrößerung auf das Operationsfeld fokussiert. Mit einem großen Kugeldiamantbohrer wird unter ständigem Spülen und Absaugen ein Fenster bis auf eine dünne Knochenlamelle in die pars parietalis des os temporale rechts geschliffen. Nach vorsichtigem Herausbrechen der verbleibenden Knochenmembran entsteht eine Öffnung von ca. 1,0 cm Durchmesser, in der sich die rechte Großhirnhemisphäre darstellt.

Der Temporallappen wird mit einem Spatel angehoben, nachdem man sich an der arteria meningea media und am sinus transversus orientiert hat. Nach Erkennen des oberen Bogengangs bohrt man entlang den nervi petrosi, bis man auf das Nervenbündel im meatus acusticus internus trifft. Die häufigen Verletzungen des Durasacks zwingen zum Absaugen des Liquors, der die Sicht nimmt. Knochengefäßblutungen kommen

zum Stehen durch die Hitzeeinwirkung des Diamantbohrers, der ohne Spülmittel angesetzt wird. Gelingt es hiermit nicht, die Blutung zum Stehen zu bringen, wird Topostasingelatine oder einfache Gelantine eingelegt.

Wenn der nervus statoacusticus und der nervus facialis sich eindeutig darstellen lassen, wird das Nervenbündel mit einem Mikroskalpell oder unter ständigem Saugen mit einer Einmalknüle durchtrennt. Spätestens hier kommt es durch die unvermeidliche Verletzung des Durasacks zum massiven Austritt von Liquor.

Schließlich wird mit Gelatine tamponiert, um Blutungen und Liquorrhoe zum Stillstand zu bringen. Zur Infektionsprophylaxe wird Leukomycinpuder auf die Wundfläche gestäubt. Mit einer Muskelnaht und einer Hautnaht wird die Wunde verschlossen.

c) Die postoperative Behandlung:
In der Annahme, daß die Manipulationen am Gehirn zum Hirnödem führen könnten, werden die Tiere nach der Operation mit dem Diuretikum Lasix und (nur bei den Perbright-Meerschweinchen) mit dem Glucocorticoid Fortecortin behandelt. Zusätzlich wird Effortil zur Kreislaufstützung gegeben. Es werden intramuskulär 0,1 mg Lasix, 0,5 mg Effortil und (nur bei den Perbright-Meerschweinchen) Fortecortin 0,2 mg appliziert. Die Fortecortinbehandlung wird bis zum fünften postoperativen Tag in gleicher Dosierung fortgesetzt.
Zum Schutz vor Wärmeverlust werden die Tiere postoperativ in Zellstoff eingewickelt.

4. Die Auswertung der Kalorisationselektronystagmogramme unter besonderer Berücksichtigung des Schmetterlingsverfahrens

Die Elektronystagmogramme werden in Hinsicht auf 2 Parameter ausgewertet:

1. die Schlagrichtung
2. die Frequenz

ad 1:
Richtungsangebend ist die schnelle Phase des Nystagmusschlages, auf dem ENG also der steile Schenkel des dreieckigen Ausschlags.

Wie weiter oben schon erklärt wird, kann auf einem monauralen Thermoreiz eine bestimmte Schlagrichtung erwartet werden. Kann die Schlagrichtung auf den Kurven nicht eindeutig erkannt werden, wird in der Erwartungsrichtung ausgewertet.

Warmreiz (44°C) links löst einen linksschlägigen Nystagmus aus, während rechts ein Rechtsnystagmus gesehen wird. Kaltreiz (30°C) links führt zum Rechtsnystagmus, rechts zum Linksnystagmus. Auf den Kurven ergibt eine Rechtsbewegung des Auges einen Aufwärtsausschlag, eine Linksbewegung einen Abwärtsausschlag.

ad 2:
In den Kurven für das rechte und das linke Auge werden jeweils die Nystagmusschläge nach rechts (nach oben) und nach

links (nach unten) ausgezählt, bei einer Papiergeschwindigkeit von 10 mm/sec. in 5 sec.-Abschnitten von Spülbeginn an, bei 25 mm/sec. in 2 sec.-Abständen.

Entsprechend Schlagrichtung und Frequenz wird für jede Teilprüfung und den Spontannystagmus ein Schlagrate-Zeitdiagramm angefertigt. In der Abszisse ist die Zeit eingetragen, die Ordinate gibt die Schlagrate an. Es wird in 5 sec. oder 2 sec.-Abständen die gezählte Schlagzahl summierend eingetragen, so daß sich im Idealfall eine S-Kurve ergibt, deren Steigung die Frequenz darstellt.

Aus diesen Kurven wird die maximale Steigung über 10 sec., die Kulmination, und deren Zeitpunkt, die Latenz der Kulmination abgelesen. Die Kulmination wird in Herz (Hz = 1/sec.) angegeben.

Die Latenz der Kulmination liegt im zeitlichen Mittelpunkt des 10 sec.-Abschnitts der maximalen Frequenz.

Aus den Parametern, Kulmination und Latenz der Kulmination wird jeweils der Mittelwert mit der Standardabweichung errechnet. Dabei müssen 3 Kategorien von Werten unterschieden werden:
die Ergebnisse der Elektronystagmogramme

1. vor der Operation,
2. 10 Tage nach der Operation,
3. 20 Tage nach der Operation.

Verteilungsdiagramme sollen deutlich machen, in welcher Häufigkeit die ermittelten Werte für einen Reiz an einem Auge über die Frequenzen streuen. In der Abszisse sind Frequenzbe-

reiche von 0,5 Hz aufgetragen und zusätzlich ein Abschnitt für die Nullwerte. Die Ordinate gibt den prozentualen Anteil an. Die auf der Abszisse stehenden Säulen zeigen die Quote für den jeweiligen Frequenzbereich. Zum Vergleich werden Mittelwert und Standardabweichung zusätzlich eingetragen.

Weitere Diagramme sollen die Mittelwerte und Standardabweichung zu den 3 Untersuchungszeitpunkten nebeneinander darstellen und den Trend verdeutlichen.

Das Schmetterlingsverfahren nach Claussen:
Der Schmetterling nach Claussen gestattet eine synoptische Darstellung der 4 kalorischen Reizantworten und des Spontannystagmus. In ein karthesisches Koordinatensystem wird in der Abszisse die Zeit, in der Ordinate die Frequenz aufgetragen. Die oberen 2 Quadranten geben den rechtsschlägigen Nystagmus wieder, die unteren beiden den linksschlägigen. Links von der Ordinate stehen die Reaktionen nach Reizung des rechten Ohres, rechts die nach Stimulierung des linken Ohres. Der Spontannystagmus wird entsprechend der Schlagrichtung gestrichelt als Kennlinie in die Schlagratenfelder eingetragen. Warmreizung rechts wird im linken oberen, Kaltreizung rechts im linken unteren Quadranten angegeben. Man trägt die Warmreaktion links rechts unten ein, die Kaltreaktion links rechts oben.

In jedem Quadranten liegt ein schraffierter, keilförmiger Normbereich.

Die Kennliniendarstellung im Schmetterlingsschema nach Claussen erlaubt sowohl einen intraindividuellen (1 - 3) als

auch einen interindividuellen Vergleich (4 - 5). Er gestattet nach Claussen:

1. den rezeptororientierten Seitenvergleich
2. den schlagrichtungsorientierten Nystagmusvergleich (z. B. die Reaktion links 44°C mit der Reaktion rechts 30°C),
3. den Bezug des kalorischen Nystagmus zum Spontannystagmus,
4. den Reaktionsvergleich zu vorgegebenen Normen,
5. die Typisierung der Reaktionskennlinien innerhalb der Quadranten.

III. ERGEBNISSE

A Statistische Ergebnisse

1. Versuchstierstatistik

Während und nach den kalorischen Untersuchungen können Läsionen an den Augen und Trommelfellen beobachtet werden. Diese Verletzungen treten praktisch nur nach der Operation auf.

Die Augenschäden:

Nach der präoperativen Untersuchung der Meerschweinchen kommt es selten zur eitrigen Entzündung der Lider und der Augenwinkel, die wohl durch die eingenähten Knochendrahtelektroden verursacht werden. Sie werden mit Nebacetin-Augensalbe behandelt. Nach der operativen Durchtrennung des Nervus statoacusticus und der unvermeidlichen gleichzeitigen Unterbrechung des Nervus facialis treten vor allem Cornealvertrocknungen auf, da durch den mangelhaften oder fehlenden Lidschlag die Cornea nur ungenügend benetzt wird. Außerdem liegen viele Tiere nach der Operation auf der operierten rechten Seite, so daß das rechte Auge direkt mit dem verschmutzten Käfigboden in Berührung kommt und auch mechanisch geschädigt werden kann. Im Elektronystagmogramm zeigen die erblindeten Augen noch deutliche Bewegungen an, so daß wir sie normal auswerten, zumal nur das Nystagmusereignis und nicht die Amplitude bewertet wird.

Statistisch ergibt sich für Perbright-Meerschweinchen folgendes Bild:

4 Tiere erblindeten an einem Auge, davon 3 am rechten.

Trommelfellperforationen:

Die Trommelfellperforation ist daran erkennbar, daß in den äußeren Gehörgang gespritztes Wasser teilweise zur Nase herausfließt und zu Erstickungsanfällen führt. Da die Tiere dabei sehr unruhig werden, leidet die Qualität der postoperativen Messungen, insbesondere der zeitlichen Abschnitte während der Spülung. Die heftigen Abwehrbewegungen zwingen oft zur Wiederholung der Spülung, wenn kein brauchbares Signal registriert werden kann. Von den Perbright-Meerschweinchen zeigen 16 Tiere eine Verletzung eines oder beider Trommelfelle. 6 Tiere sind beidseitig geschädigt. Bei der ersten postoperativen Untersuchung bemerken wir an 11 Tieren auf der rechten Seite 5 Perforationen, links 9. Während der zweiten postoperativen Kalorisierung sehen wir an 6 Tieren rechts und links insgesamt jeweils 4 Läsionen. Bei 1 Tier tritt bei der zweiten postoperativen Untersuchung eine zweite zusätzliche Perforation am unbeschädigten linken Ohr auf.

Operationsstatistik:

Zunächst untersuchen wir Bastardmeerschweinchen beiderlei Geschlechts. 73 Bastardmeerschweinchen werden untersucht, davon sterben 7 vor der Operation, 41 Tiere sterben vor der ersten postoperativen Prüfung nach 10 Tagen. 13 hiervon am Operationstag. 2 weitere überleben nicht bis zur zweiten Kalorisierung nach 20 Tagen.

Anschließend arbeiten wir mit reinrassigen Perbright-Meerschweinchen beiderlei Geschlechts. Von den 38 untersuchten Tieren sterben 3 schon vor der Operation, 13 überleben nicht bis zur ersten Kalorisierung nach der Operation (2 davon sterben noch am Operationstag). Ein weiteres Tier stirbt vor der Abschlußuntersuchung.

Insgesamt werden also 111 Tiere präoperativ untersucht, 47 T. 10 Tage nach Operation und 44 T. 20 Tage nach Operation.
Nur mit Vorsicht dürfen die zwei Tiergruppen miteinander verglichen werden, da sich die Größe der zwei Gruppen stark unterscheidet. Dennoch wird deutlich, daß die Perbright-Meerschweinchen die Operation sehr viel besser überstehen als die Bastardmeerschweinchen. 60 % der operierten Perbright-Meerschweinchen überleben mehr als 20 Tage, während von den Bastarden nur knapp 35 % die geforderte Zeit erreichen.
Eine Ursache für diesen Unterschied dürfte die verbesserte Operationstechnik und -routine bei den Perbright-Meerschweinchen sein. Diese Tiere verwenden wir, nachdem wir mit den Bastarden nur eine geringe Überlebensrate erzielt haben. Die verbesserte Technik dürfte jedoch nicht genügen, um die hohe Zahl der Ausfälle unter den Bastardmeerschweinchen zu erklären, da wir bis zuletzt mit diesen Tieren nicht erfolgreicher waren. Vermutlich sind diese Tiere empfindlicher gegenüber Hirntraumen, Infektionen und Narkosen. Als Todesursachen vermuten wir: Hirnödem, Blutungen, Infektionen und Exsikkose.

2. Auswertung der Elektronystagmogramme

a) Der Spontannystagmus:

Vor jeder kalorischen Untersuchung leiten wir den Spontannystagmus vom rechten und vom linken Auge ab. Es handelt sich um einen lageabhängigen Nystagmus. Die Tiere befinden sich auf einem Untersuchungstisch, der um 60^{o} gekippt ist (siehe Abb. 2), um die horizontalen Bogengänge zur Senkrechten aufzurichten. Der Spontannystagmus wird abge-

SPONTANNYSTAGMUS (1/s) Tab. 1

	Re. Auge		Li. Auge		
	Re. nyst	Li. nyst.	Re. nyst.	Li nyst.	
präoperativ					(111M.)
Mittelwert	1.35	0.02	0.01	1.30	
Standardabw.	0.52	0.14	0.13	0.53	
10 Tage postop.					(47M.)
Mittelwert	1.12	0.23	0.10	1.19	
Standardabw.	0.53	0.48	0.29	0.48	
20 Tage postop.					(44M.)
Mittelwert	1.38	0.08	0.07	1.34	
Standardabw.	0.63	0.20	0.21	0.48	

KALTREIZ 30°C (1/s) Tab. 2

	Linkes Ohr				Rechtes Ohr			
	Re. nyst.	Li. nyst.	Re. nyst.	Li. nyst.	Re nyst.	Li. nyst.	Re. nyst.	Li nyst.
präoperativ (111M.)	Rechtes A.		Linkes A.		Rechtes A.		Linkes A.	
Mittelwert	3·60	0·07	5·00	1·16	1·29	4·54	0·10	3·48
Standardabw.	1·90	0·55	2·87	1·17	0·72	2·67	0·62	2·10
10 Tage postop(47M)								
Mittelwert	2·62	0·30	2·31	1·43	1·43	0·89	0·52	1·58
Standardabw.	1·12	0·72	1·62	0·55	0·92	1·47	0·69	0·78
20 Tage postop.(44M.)								
Mittelwert	2·33	0·19	2·21	1·38	1·36	0·41	0·27	1·57
Standardabw.	0·97	0·57	1·26	0·45	0·58	0·71	0·61	0·49

WARMREIZ 44°C (1/s) Tab. 3

	Linkes Ohr				Rechtes Ohr			
	Re. nyst.	Li nyst.	Re. nyst.	Li. nyst.	Re. nyst.	Li nyst.	Re. nyst.	Li. nyst.
	Rechtes A.		Linkes A.		Rechtes A.		Linkes A.	
präoperativ (111M.)								
Mittelwert	1·38	3·67	0·10	3·84	3·54	0·17	3·37	1·51
Standardabw.	0·73	2·61	0·59	2·29	2·25	0·72	2·74	0·85
10 Tage postop.(47M.)								
Mittelwert	1·21	2·17	0·16	2·33	1·57	0·27	0·74	1·55
Standardabw.	0·68	1·63	0·43	1·03	1·37	0·59	1·60	0·70
20 Tage postop.(44M.)								
Mittelwert	1·35	2·23	0·20	2·54	1·40	0·34	0·44	1·50
Standardabw.	0·68	1·20	0·60	0·90	0·62	0·87	0·77	0·56

MAXIMAL- UND MINIMALWERTE DER FREQUENZEN (Hz) Tab. 4

SPONTANNYSTAGMUS

	Rechtes Auge		Linkes Auge	
	Re-nyst.	Li-nyst.	Re-nyst.	Li-nyst.
Präoperativ (111 M.)				
Maximalwert	2,9	1,1	1,3	2,7
Minimalwert	0,0	0,0	0,0	0,0
10 Tage postoper. (47 M.)				
Maximalwert	1,9	1,9	1,4	2,2
Minimalwert	0,0	0,0	0,0	0,0
20 Tage postoper. (44 M.)				
Maximalwert	3,8	0,8	0,9	2,2
Minimalwert	0,0	0,0	0,0	0,3

MAXIMAL- UND MINIMALWERTE DER FREQUENZEN (Hz) Tab. 5

WARMREIZ 44°C

	Linkes Ohr				Rechtes Ohr			
	Rechtes Auge		Linkes Auge		Rechtes Auge		Linkes Auge	
	Re-nyst.	Li-nyst.	Re-nyst.	Li-nyst.	Re-nyst.	Li-nyst.	Re-nyst.	Li-nyst.
Präoperativ (111 M.)								
Maximalwert	4,1	16,0	5,2	13,8	14,1	4,6	15,6	5,9
Minimalwert	0,0	0,0	0,0	0,8	0,5	0,0	0,0	0,0
10 Tage postoper. (47 M.)								
Maximalwert	2,9	7,1	2,0	6,4	8,8	2,7	9,3	3,8
Minimalwert	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,3
20 Tage postoper. (44 M.)								
Maximalwert	3,9	6,1	2,9	5,7	2,6	4,7	3,3	3,0
Minimalwert	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0

KALTREIZ 30°C

	Linkes Ohr				Rechtes Ohr			
	Rechtes Auge		Linkes Auge		Rechtes Auge		Linkes Auge	
	Re-nyst.	Li-nyst.	Re-nyst.	Li-nyst.	Re-nyst.	Li-nyst.	Re-nyst.	Li-nyst.
Präoperativ (111 M.)								
Maximalwert	11,7	5,4	12,6	11,2	4,5	10,1	5,5	11,2
Minimalwert	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10 Tage postoper. (47 M.)								
Maximalwert	6,6	3,2	6,6	4,0	5,2	7,0	3,0	4,3
Minimalwert	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20 Tage postoper. (44 M.)								
Maximalwert	6,0	3,2	5,2	2,3	2,4	2,8	3,3	2,9
Minimalwert	0,8	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,6

LATENZ DER KULMINATION (sec.) Tab. 6

WARMREIZ 44° C

	Linkes Ohr				Rechtes Ohr			
	Rechtes Auge		Linkes Auge		Rechtes Auge		Linkes Auge	
	Re.-nyst.	Li.-nyst.	Re.-nyst.	Li.-nyst.	Re.-nyst.	Li.-nyst.	Re.-nyst.	Li.-nyst
Präoperativ (111 M.)								
Mittelwert	27,8	24,3	2,5	25,9	28,6	1,4	25,9	28,6
Standardabw.	24,0	14,1	15,2	14,6	14,9	6,0	19,8	21,3
10 Tage postoper. (47 M.)								
Mittelwert	25,7	22,7	6,3	28,3	24,5	6,4	14,9	29,4
Standardabw.	20,4	14,3	18,3	15,8	18,7	14,4	20,1	21,3
20 Tage postoper. (44 M.)								
Mittelwert	27,4	24,5	3,9	27,4	22,8	7,0	1,0	27,0
Standardabw.	22,0	15,6	11,0	13,6	20,2	13,4	15,8	18,7

KALTREIZ 30° C

	Linkes Ohr				Rechtes Ohr			
	Rechtes Auge		Linkes Auge		Rechtes Auge		Linkes Auge	
	Re. nyst.	Li.-nyst.	Re.-nyst.	Li.-nyst.	Re.-nyst.	Li.-nyst.	Re.-nyst.	Li.-nyst
Präoperativ (111 M.)								
Mittelwert	27,0	0,4	27,5	26,0	26,0	24,7	1,1	25,6
Standardabw.	15,4	2,6	13,9	26,8	23,2	13,5	7,0	14,1
10 Tage postoper. (47 M.)								
Mittelwert	26,7	5,0	23,3	36,8	27,9	13,0	11,9	28,0
Standardabw.	16,6	12,5	13,9	23,7	18,8	16,6	19,3	17,6
20 Tage postoper. (44 M.)								
Mittelwert	22,1	3,9	22,2	31,6	24,6	5,9	6,5	23,7
Standardabw.	13,0	10,7	12,6	19,9	17,7	11,8	14,2	16,1

MAXIMAL- UND MINIMALWERTE DER LATENZ DER KULMINATION (sec.) Tab. 7

WARMREIZ 44°C

	Linkes Ohr				Rechtes Ohr			
	Rechtes Auge		Linkes Auge		Rechtes Auge		Linkes Auge	
	Re-nyst.	Li. nyst.	Re-nyst.	Li-nyst.	Re-nyst.	Li-nyst.	Re-nyst.	Li. nyst
Präoperativ (111 M.)								
Maximalwert	145	70	145	65	65	45	70	88
Minimalwert	0	0	0	5	5	0	0	0
10 Tage postoper. (47 M.)								
Maximalwert	80	70	90	65	75	60	65	95
Minimalwert	0	0	0	5	0	0	0	5
20 Tage postoper. (44 M.)								
Maximalwert	75	65	55	60	100	45	58	85
Minimalwert	0	0	0	5	0	0	0	0

KALTREIZ 30°C

	Linkes Ohr				Rechtes Ohr			
	Rechtes Auge		Linkes Auge		Rechtes Auge		Linkes Auge	
	Re-nyst.	Li-nyst.	Re-nyst.	Li-nyst.	Re-nyst.	Li-nyst.	Re-nyst.	Li-nyst
Präoperativ (111 M.)								
Maximalwert	65	25	58	102	85	65	65	70
Minimalwert	5	0	0	0	0	0	0	0
10 Tage postoper. (47 M.)								
Maximalwert	65	55	50	80	75	60	70	75
Minimalwert	5	0	0	5	0	0	0	0
20 Tage postoper. (44 M.)								
Maximalwert	70	50	50	75	70	45	57	65
Minimalwert	5	0	0	5	0	0	0	5

leitet, damit eine Vergleichsmöglichkeit zu den kalorischen Reaktionen geschaffen wird.
Wir beobachten bei den Meerschweinchen durchgehend eine divergente Dissoziation des Spontannystagmus, wobei das rechte Auge nach rechts, das linke Auge nach links schlägt. Es handelt sich also um einen qualitativen Koordinationstyp III (Claussen).
Wir interpretieren diese spontanen Augenbewegungen in dieser Arbeit als Nystagmusschläge, obwohl sie z. T. von der definierten Form eines Nystagmusschlages abweichen. Die Augenbewegungen stellen sich eher als Undulationen dar, die rhythmisch und an beiden Augen synchron ablaufen. Aus dem ausgewerteten Abschnitt der Spontannystagmuskurven wählen wir, wie bei den kalorischen Reizungen, den Zeitabschnitt über 10 sec., der die höchste Frequenz aufweist, aus.
Standardnystagmogramme des Spontannystagmus von 111 Meerschweinchen (Abb. 4 - 5; Tab. 1;4):
Der Bereich der Rechtsschläge am rechten Auge geht von 0 Hz bis 2,9 Hz. Der Mittelwert liegt bei 1,35 Hz mit einer Standardabweichung von $\pm$ 0,52 Hz.
Beim Linksnystagmus am linken Auge streuen die ermittelten Werte zwischen 0 Hz und 2,7 Hz. Der Mittelwert beträgt 1,30 Hz bei einer Standardabweichung von $\pm$ 0,53 Hz.
Der Linksnystagmus am rechten Auge und der Rechtsnystagmus am linken Auge sind unbedeutend (siehe Tab. 1;4).

Postoperative Untersuchung nach 10 Tagen an 47 Meerschweinchen (Abb. 6 - 7; Tab. 1):
Die Rechtsschläge am rechten Auge liegen im Bereich von 0 Hz bis 1,9 Hz, der Mittelwert beträgt 1,12 Hz bei einer Standardabweichung von $\pm$ 0,53 Hz.

Am linken Auge streuen die Schlagraten von 0 Hz bis 2,2 Hz, der Mittelwert ist 1,19 Hz bei einer Standardabweichung von ± 0,48 Hz.
Der Linksnystagmus am rechten Auge und der Rechtsnystagmus am linken Auge zeigen etwas höhere Werte als präoperativ.

Postoperative Untersuchung nach 20 Tagen an 44 Meerschweinchen (Abb. 8 - 9; Tab. 1;4):
Die Rechtsschläge am rechten Auge liegen im Bereich von 0 Hz bis 3,8 Hz. Als Mittelwert wurde 1,38 Hz mit einer Standardabweichung von ± 0,63 Hz errechnet.
Der Linksnystagmus am linken Auge geht von 0,3 Hz bis 2,2 Hz. Hier beträgt der Mittelwert 1,34 Hz bei einer Standardabweichung von ± 0,48 Hz.
Der Linksnystagmus am rechten Auge und der Rechtsnystagmus am linken Auge sind unbedeutend.

Vergleich der 3 Untersuchungen (Abb. 34):
Die leichte Abnahme der Mittelwerte bei der ersten postoperativen Untersuchung lässt sich vermutlich auf den noch nicht genesenen Körperzustand zurückführen. Nach der Operation sind die spontanen Nystagmusschläge oft nicht mehr so rhythmisch und eindeutig. Deutlich zeigen die Mittelwerte und ebenso die Zeichnungen, daß keine auffallende Differenz zwischen rechtem und linkem Auge besteht (siehe auch Kapitel: Kasuistische Beispiele).

b) Ergebnisse der kalorischen Prüfungen:
Die Nystagmusreaktionen an beiden Augen werden isoliert zu Schlagratenleistungskurven ausgewertet. Die maximale Steigung wird als Kumulation oder Kulmination in Hz angegeben. Die Latenz der Kulmination oder der Kumulation

ergibt sich aus dem Zeitpunkt nach Spülbeginn.
Präoperativ (111 Meerschweinchen) (Abb. 10, 11, Tab. 2, 5, 6):
Vor Durchtrennung des Nervus statoacusticus kommt es am rechten Auge bei Kaltreiz im linken Ohr zu einem Rechtsnystagmus im Bereich von 0,8 Hz bis 11,7 Hz. Der Mittelwert liegt bei 3,60 Hz mit einer Standardabweichung von ± 1,90 Hz. Die Latenz der Kulmination dauert zwischen 5 und 65 sec. mit einem Mittelwert von 27,0 sec. und einer Standardabweichung von ± 15,4 sec.
Am linken Auge sehen wir einen Rechtsnystagmus mit Frequenzen zwischen 0 und 12,6 Hz bei einem Mittelwert von 5,0 Hz und einer Standardabweichung ± 2,87 Hz. Die Kulmination tritt bis zur 58. sec. auf. Die Reaktion weist als Minimalwert einen Ausfall, also keine Kulmination auf. Im Mittel stellt sich die Kulmination nach 27,5 sec. mit einer Standardabweichung von ± 13,9 sec. ein. Der Linksnystagmus am linken Auge erreicht mit dem Mittelwert von 1,16 Hz bei ± 1,17 Hz Standardabweichung einen Wert, der dem Spontannystagmus nahesteht, allerdings nicht zum Zeitpunkt der Kulmination des Rechtsnystagmus.
10 Tage postoperativ (47 Meerschweinchen)
(Abb. 12, 13, Tab. 2, 5, 6):
Am rechten Auge liegt der Rechtsnystagmus im Bereich von 0,6 Hz bis 6,6 Hz und hat einen Mittelwert von 2,62 Hz und eine Standardabweichung von ± 1,12 Hz. Die Kulmination wird zwischen der 5. und 65. sec. erreicht, im Mittel nach 26,7 sec. bei einer Standardabweichung von ± 16,6 sec..
Der Rechtsnystagmus am linken Auge geht von 0 Hz bis 6,6 Hz, der Mittelwert ist 2,31 Hz bei einer Standardabweichung von ± 1,62 Hz. Die Latenz bis zur Kulmina-

tion geht bis maximal zur 58. sec.. Der Minimalwert ist ein Ausfall. Im Durchschnitt kommt es zur Kulmination nach 23,3 sec. bei einer Standardabweichung von ± 13,9 Hz.

Der Linksnystagmus am linken Auge erreicht mit dem Mittelwert 1,43 Hz ± 0,55 Hz einen dem Spontannystagmus nahen Betrag, jedoch nicht zum Zeitpunkt der Kulmination des Rechtsnystagmus.

20 Tage postoperativ (44 Meerschweinchen)
(Abb. 14, 15, Tab. 2, 5, 6):

Der Rechtsnystagmus am rechten Auge streut von 0,8 Hz bis 6,0 Hz und liegt im Durchschnitt bei 2,33 Hz mit einer Standardabweichung von ± 0,97 Hz. Die Latenz der Kulmination dauert 5 bis 70 sec. nach Spülbeginn. Ihr Mittelwert ist 22,1 sec. mit einer Standardabweichung von 13,0 sec..

Das linke Auge zeigt Rechtsschläge von maximal 5,2 Hz, nach unten wird der Bereich durch einen Ausfall begrenzt. Der Mittelwert ist 2,21 Hz bei einer Standardabweichung von ± 1,26 Hz. Die Kulmination tritt bis zur 50. sec. nach Spülbeginn ein, ihr Mittelwert beträgt 22,2 sec. mit einer Standardabweichung von ± 12,6 sec..

Der Linksnystagmus erreicht durchschnittlich 1,38 Hz bei einer Standardabweichung von ± 0,45 sec. und ist damit dem Spontannystagmus vergleichbar. Allerdings ist sein Kulminationspunkt gegenüber denen der Rechtsnystagmen verschoben.

Kaltreaktion nach Spülung des rechten Ohrs:

Präoperativ (111 Meerschweinchen) (Abb. 22, 23, Tab. 2, 5, 6):

Die Kaltreaktion führt zu linksschlägigen Nystagmen. Am rechten Auge liegen die Frequenzmaxima zwischen 0 Hz und

10,1 Hz, der Mittelwert beträgt 4,54 Hz mit einer Standardabweichung von ± 2,67 Hz. Die Kulmination findet zwischen 0 und 65 sec. nach Spülbeginn statt. Die Reaktion weist als Minimalwert einen Ausfall auf. Im Mittel liegt die Kulmination bei 24,7 sec. mit einer Standardabweichung von ± 13,5 sec..
Das linke Auge schlägt mit einer Frequenz bis 11,2 Hz. Minimalwert ist ein Ausfall. Der Mittelwert ist 3,48 Hz mit einer Standardabweichung von ± 2,10 Hz. Die Kulmination wird bis zur 70. sec. erreicht, der Tiefstwert fällt aus. Die Latenz der Kulmination liegt im Durchschnitt in der 25,6. sec. mit einer Standardabweichung von ± 14,1 sec..

Der Rechtsnystagmus am rechten Auge liegt mit 1,29 Hz und einer Standardabweichung von ± 0,72 Hz ähnlich wie der Spontannystagmus, allerdings nicht zum Zeitpunkt der Kulmination des Linksnystagmus.
10 Tage postoperativ (47 Meerschweinchen)
(Abb. 24, 25, Tab. 2, 5, 6):
Das rechte Auge schlägt mit einem Linksnystagmus bis zu 7,0 Hz, im Mittel aber nur mit 0,89 Hz mit einer Standardabweichung von ± 1,47 Hz. Die Kulmination wird im Bereich bis zur 60. sec. erreicht, im Durchschnitt in der 13. sec. mit einer Standardabweichung von ± 16,6 sec.. Die Minimalwerte sind Ausfälle.
Am linken Auge erreicht der Linksnystagmus eine Frequenz bis zu 4,2 Hz, der Mittelwert liegt bei 3,48 Hz mit einer Standardabweichung von ± 2,10 Hz. Die Latenz der Kulmination geht bis zur 75. sec. und beträgt im Schnitt 28 sec. bei einer Standardabweichung von ± 17,6 sec..
Mit einem Mittelwert von 1,43 Hz und einer Standardabweichung von ± 0,92 Hz gleicht der Rechtsnystagmus des rech-

ten Auges dem Spontannystagmus ungefähr, allerdings nicht zum Zeitpunkt der Kumulation der Linksnystagmen.
20 Tage postoperativ (44 Meerschweinchen)
(Abb. 26, 27, Tab. 2, 5, 6):
Die Kaltreaktion rechts führt zu Linksschlägen des rechten Auges bis zu 2,8 Hz, im Mittel von 0,41 Hz mit einer Standardabweichung von ± 0,71 Hz. Die Kulmination wird bis zur 45. sec. erreicht, der Mittelwert beträgt 5,9 sec. mit einer Standardabweichung von ± 11,9 sec..
Das linke Auge schlägt im Bereich von 0,6 Hz bis 2,9 Hz. Der Mittelwert ist 1,57 Hz bei einer Standardabweichung von ± 0,49 Hz. Die Kulmination liegt zwischen 5 und 65 sec. nach Spülbeginn, durchschnittlich nach 23,7 sec. mit einer Standardabweichung von ± 16,1 sec..
Der Rechtsnystagmus des rechten Auges beträgt, fast dem Spontannystagmus gleich, im Mittel 1,36 Hz bei einer Standardabweichung von ± 0,58 Hz aber nicht zum Zeitpunkt der Kulmination des Linksnystagmus.

Warmreiz am linken Ohr:
Präoperativ (111 Meerschweinchen) (Abb. 16, 17, Tab. 3, 5, 6):
Am rechten Auge beobachten wir Ausfälle und Linksnystagmen bis zu 16,0 Hz. Im Mittel ergeben sich 3,67 Hz mit einer Standardabweichung von ± 2,61 Hz. Die Reaktion kulminiert zwischen 0 und 70 sec. nach Spülbeginn, im Durchschnitt nach 24,3 sec. bei einer Standardabweichung von ± 14,1 sec..

Das linke Auge schlägt zwischen 0,8 Hz und 13,8 Hz mit durchschnittlich 3,84 Hz und einer Standardabweichung von ± 2,29 Hz. Die Kulmination findet sich nach 5 bis 65 sec. mit einem Mittelwert von 25,9 sec., ± 14,6 sec. Standardabweichung.

Der Rechtsnystagmus am rechten Auge bewegt sich mit 1,38 Hz ± 0,73 Hz Standardabweichung im Bereich des Spontannystagmus, jedoch nicht zum Zeitpunkt der Kulmination des Linksnystagmus.

10 Tage postoperativ (47 Meerschweinchen)
(Abb. 18, 19, Tab. 3, 5, 6):

Nystagmen zwischen 0 und maximal 7,1 Hz wurden am rechten Auge festgestellt. Der Mittelwert des linksgerichteten Nystagmus ist 2,17 Hz bei einer Standardabweichung von ± 1,67 Hz. Die Reaktion erreicht ihren Höhepunkt bis zur 70. sec. nach Spülbeginn, im Mittel nach 22,7 sec. mit einer Standardabweichung von ± 14,3 sec.. Das linke Auge liefert zwischen 1,0 und 6,4 Schlägen pro Sekunde, im Mittel 2,33 Hz mit einer Standardabweichung von ± 1,03 Hz. Die Kulmination findet sich nach 5 bis 65 sec., im Durchschnitt nach 28,3 sec. ± 15,8 sec. Standardabweichung.

Der Rechtsnystagmus am rechten Auge schlägt mit Frequenzen, die denen des Spontannystagmus naheliegen, im Mittel mit 1,21 Hz ± 0,68 Hz Standardabweichung, der Zeitpunkt der Kulmination ist aber gegenüber denen der Linksnystagmen verschoben.

20 Tage postoperativ (44 Meerschweinchen)
(Abb. 20, 21, Tab. 3, 5, 6):

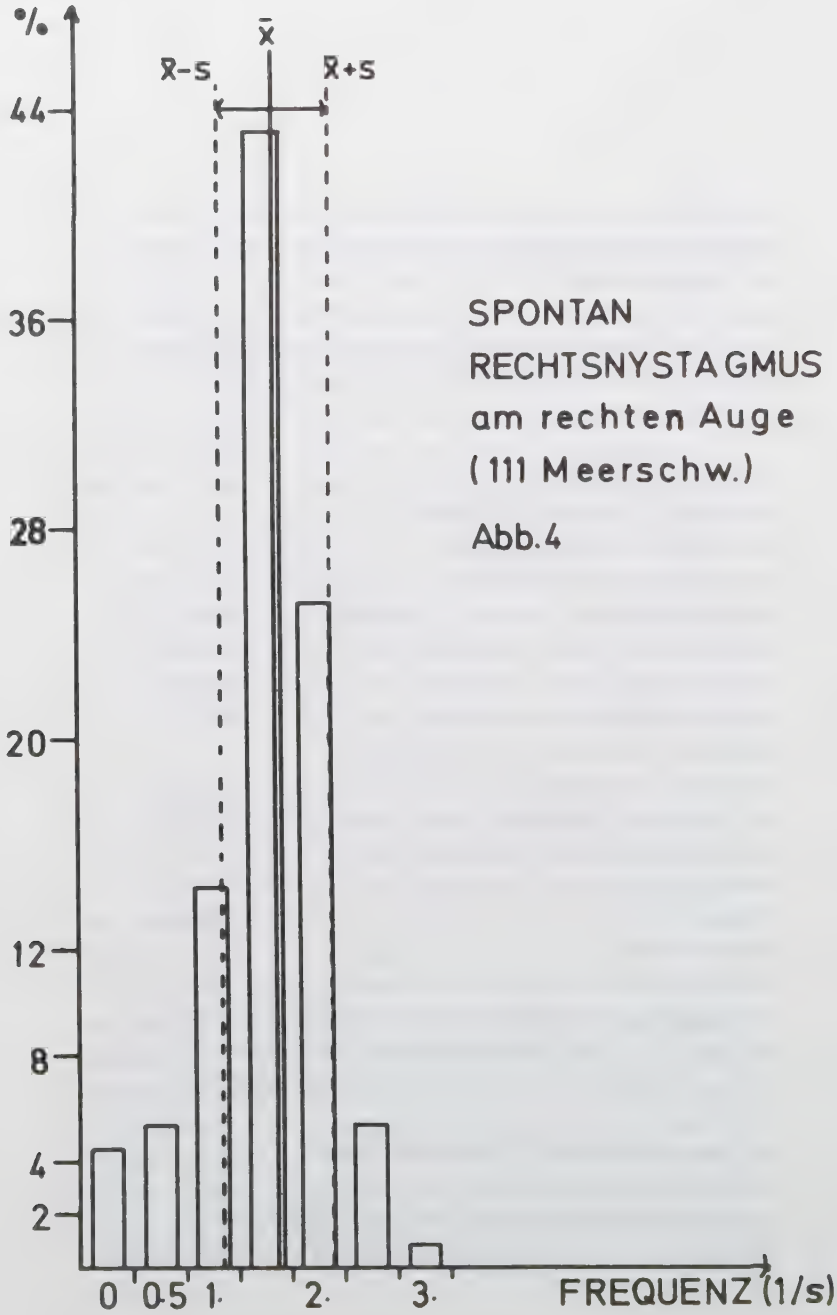
Am rechten Auge entstehen Nystagmusfrequenzen nach links zwischen 0 Hz und 6,1 Hz, die gemittelt 2,33 Hz ± 1,20 Hz Standardabweichung ergeben. Die Maximalreaktion tritt nach 0 bis 65 sec. ein. Der Mittelwert ist 24,5 sec. ± 15,6 sec. Standardabweichung.

Für das linke Auge errechnen wir einen Mittelwert von 2,54 Hz ± 0,90 Hz Standardabweichung bei Werten, die sich zwischen 0,7 Hz und 5,7 Hz bewegen. Bei 27,4 sec. mit

einer Standardabweichung von 13,6 sec. liegt der Mittelwert der Kulminationslatenz, deren Einzelwerte von 5 sec. bis 60 sec. gehen.
Auch hier findet sich für den Rechtsnystagmus am rechten Auge ein Mittelwert, der dem Spontannystagmus vergleichbar ist. Der Kulminationszeitpunkt liegt aber nicht bei dem des Linksnystagmus.

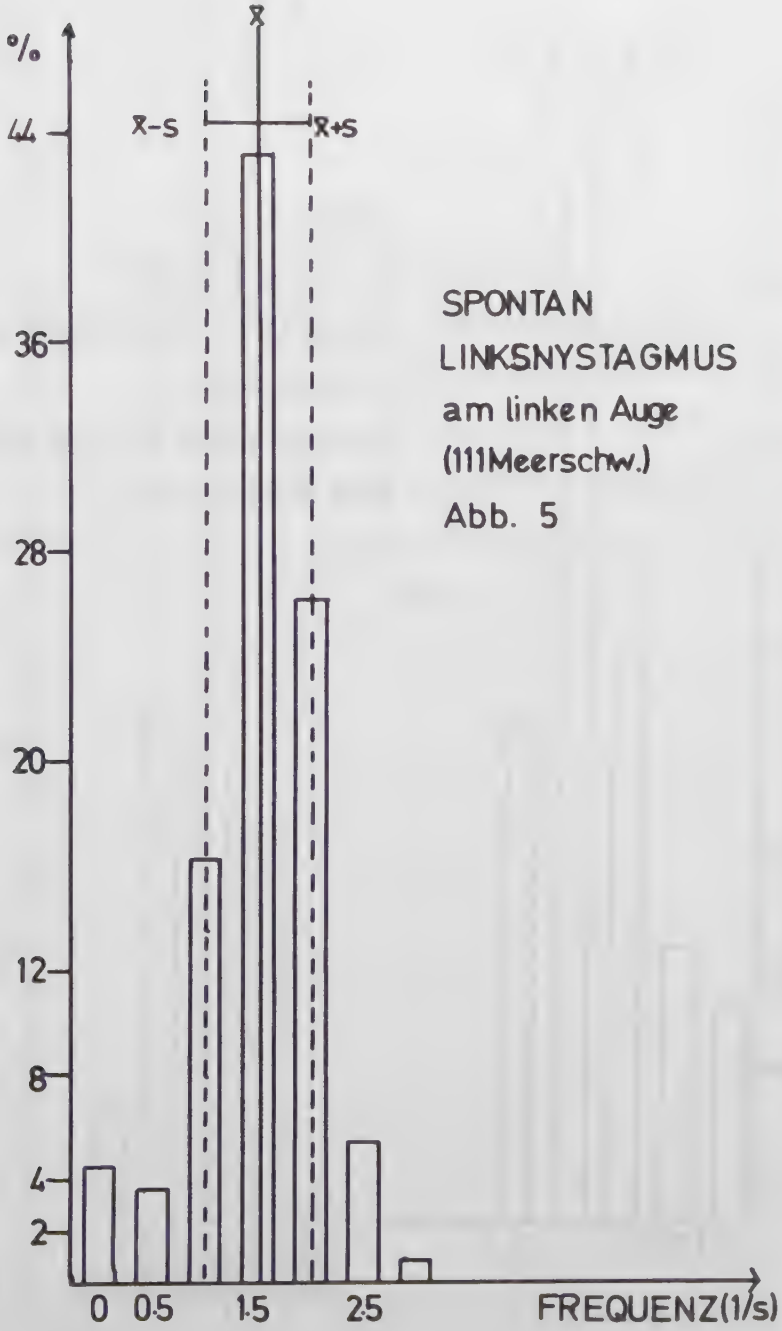
Warmreiz am rechten Ohr:
Präoperativ (111 Meerschweinchen):
(Abb. 28, 29, Tab. 3, 5, 6)
Die Warmreizung am rechten Ohr führt am rechten Auge zum Rechtsnystagmus mit Frequenzen zwischen 0,5 Hz und 14,1 Hz mit einem Mittelwert von 3,54 Hz bei einer Standardabweichung von $\pm$ 12,25 Hz. Zwischen 5 sec. und 65 sec. nach Spülbeginn kommt es zur Kulmination, der Mittelwert ist 28,6 sec. $\pm$ 14,9 sec. Standardabweichung.
Das linke Auge schlägt mit 0 Hz bis 15,6 Hz nach rechts, der Mittelwert beträgt 3,37 Hz mit einer Standardabweichung von $\pm$ 2,74 Hz. Der Höhepunkt der Schlagzahl wird zwischen 0 sec. und 70 sec. nach Spülbeginn erreicht, durchschnittlich dauert es 25,9 sec. $\pm$ 19,8 sec. Standardabweichung.
Das linke Auge hat einen Linksnystagmus, der mit dem Spontannystagmus vergleichbar ist, mit einem Mittelwert von 15,1 Hz $\pm$ 0,85 Hz Standardabweichung, allerdings nicht zu dem Zeitpunkt der Kulmination des Rechtsnystagmus.

10 Tage postoperativ (47 Meerschweinchen):
(Abb. 30, 31, Tab. 3. 5. 6)
Hier zeigen sich Rechtsnystagmen von 0 Hz bis 8,8 Hz, im Mittel von 1,57 Hz bei einer Standardabweichung von

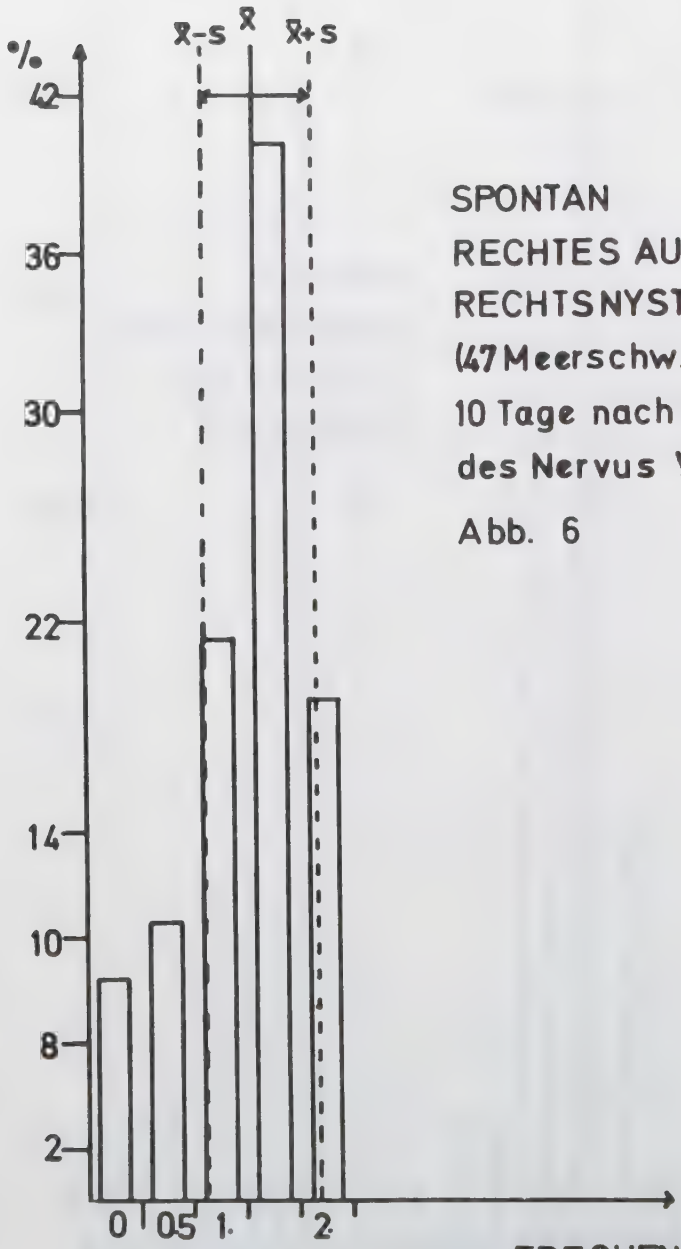


SPONTAN
RECHTSNYSTAGMUS
am rechten Auge
(111 Meerschw.)

Abb.4

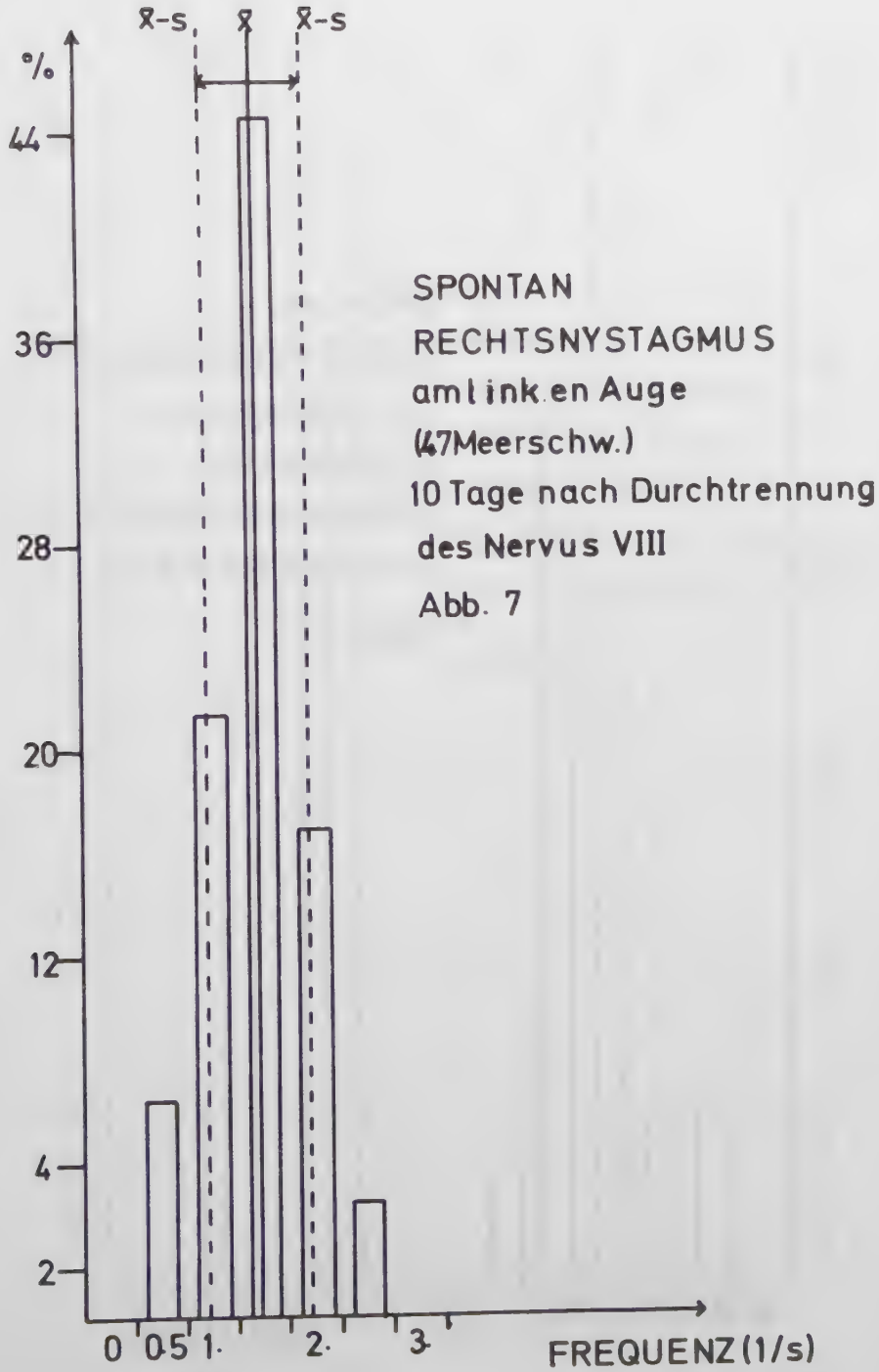


SPONTAN
LINKSNYSTAGMUS
am linken Auge
(111Meerschw.)
Abb. 5



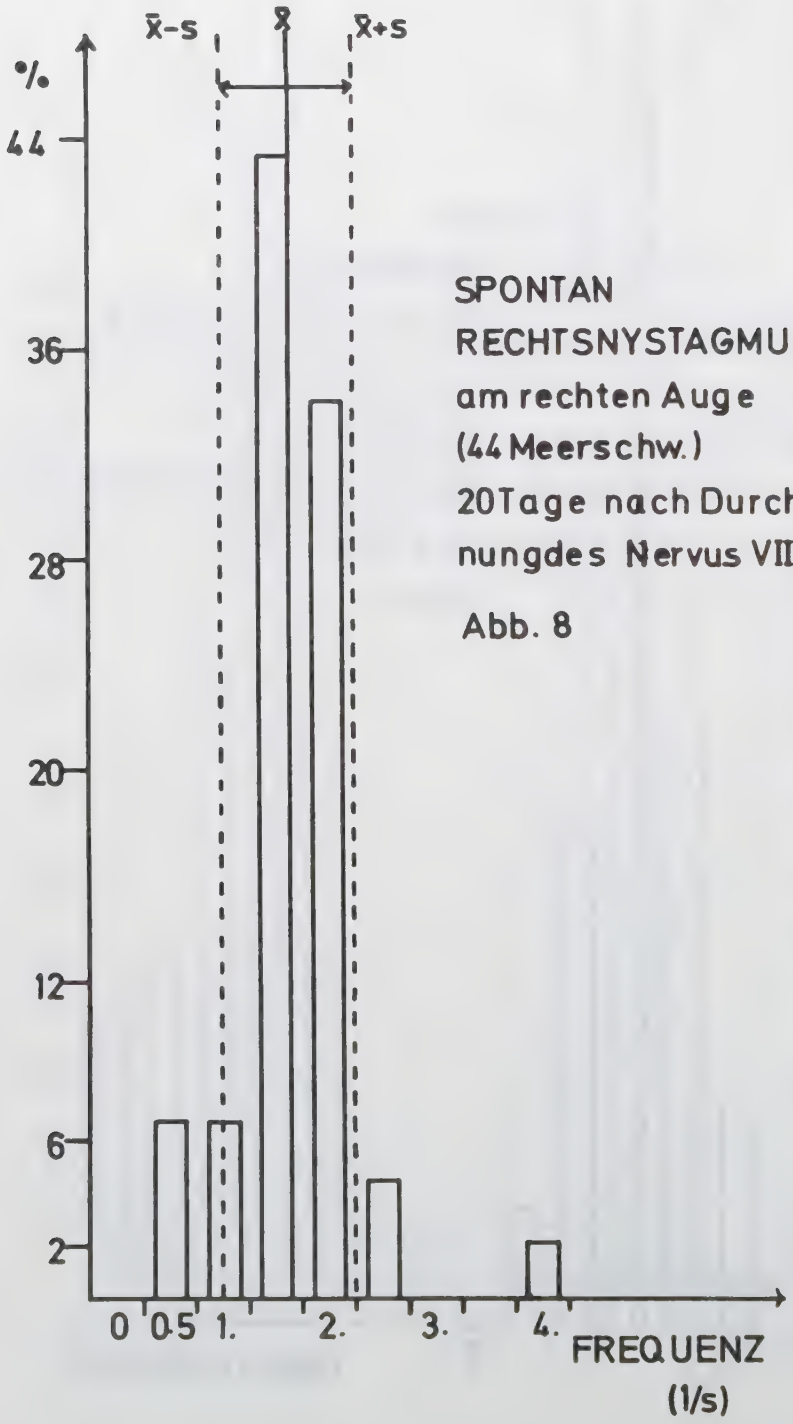
SPONTAN
RECHTES AUGE
RECHTSNYSTAGMUS
(47 Meerschw.)
10 Tage nach Durchtrennung
des Nervus VIII

Abb. 6



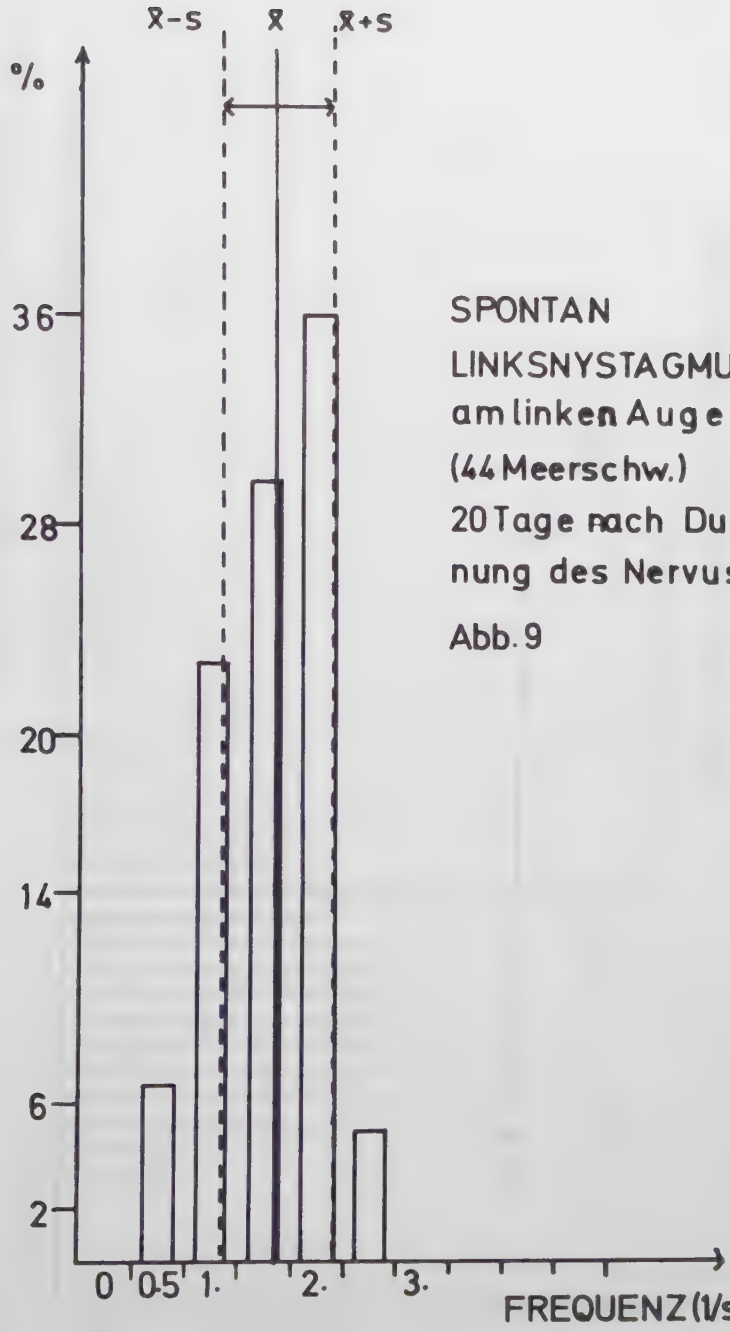
SPONTAN
RECHTSNYSTAGMUS
am link.en Auge
(47Meerschw.)
10 Tage nach Durchtrennung
des Nervus VIII

Abb. 7



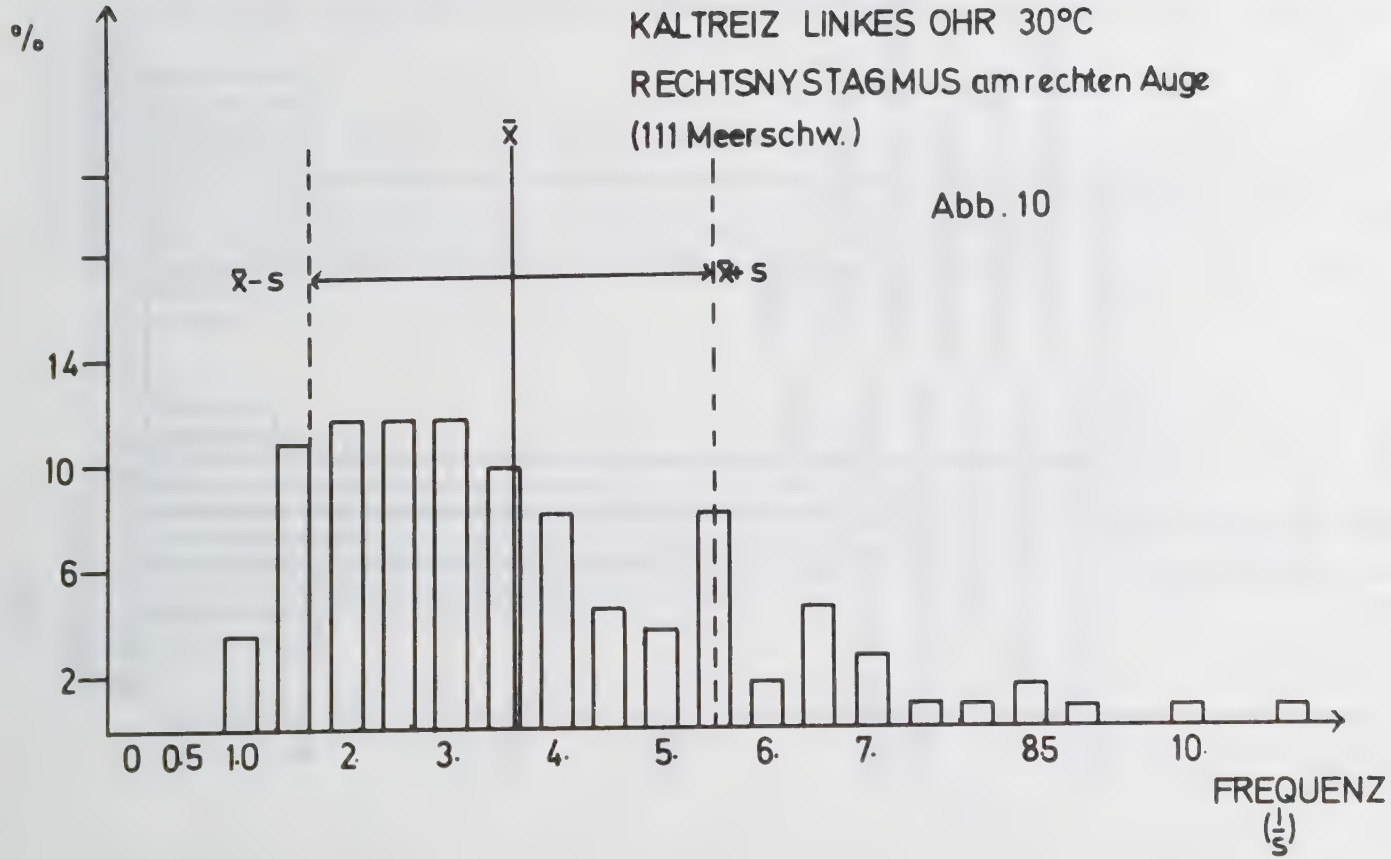
SPONTAN
RECHTSNYSTAGMUS
am rechten Auge
(44 Meerschw.)
20 Tage nach Durchtrennung des Nervus VIII

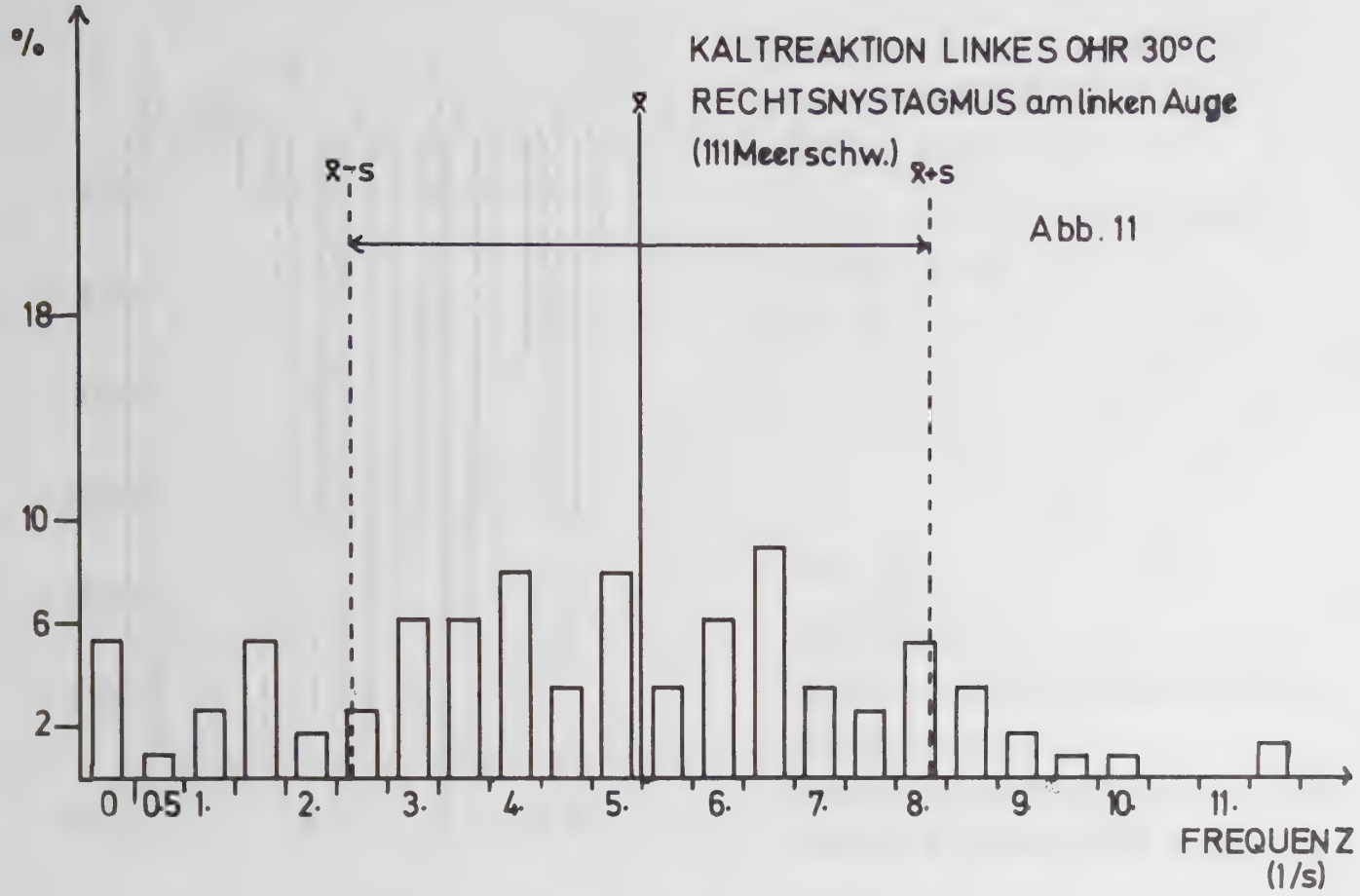
Abb. 8

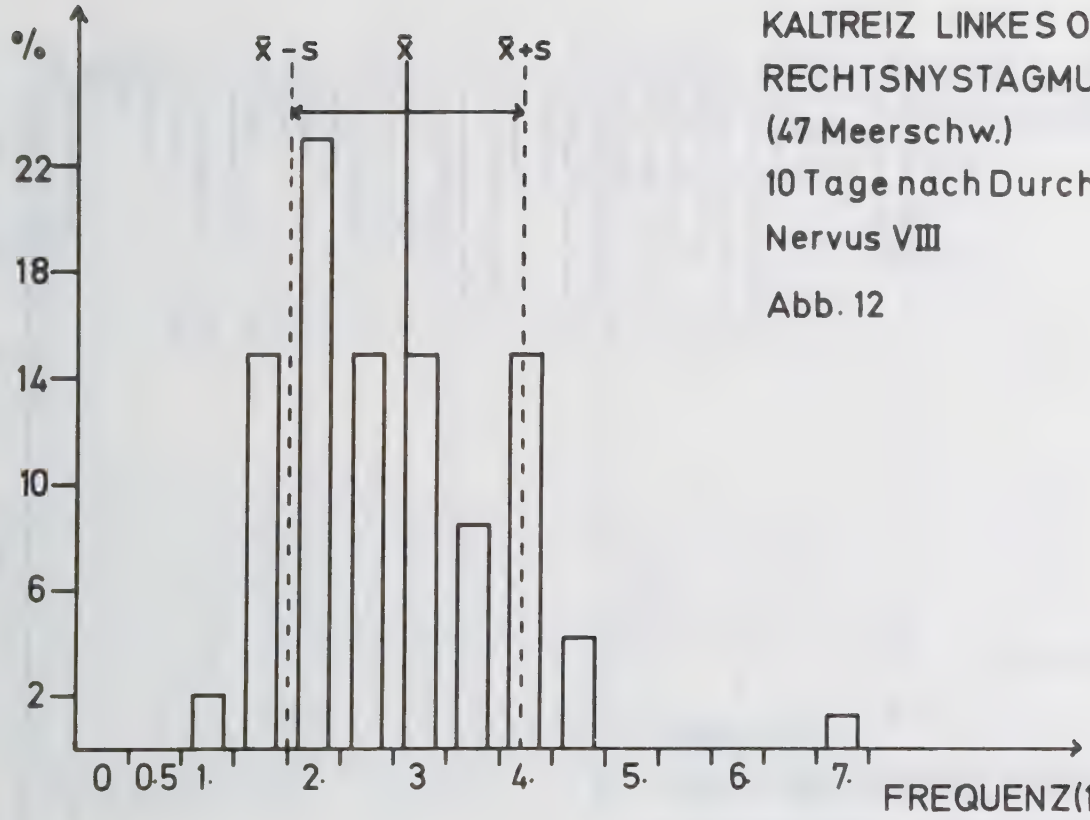


SPONTAN
LINKSNYSTAGMUS
am linken Auge
(44 Meerschw.)
20 Tage nach Durchtrennung des Nervus VIII

Abb. 9

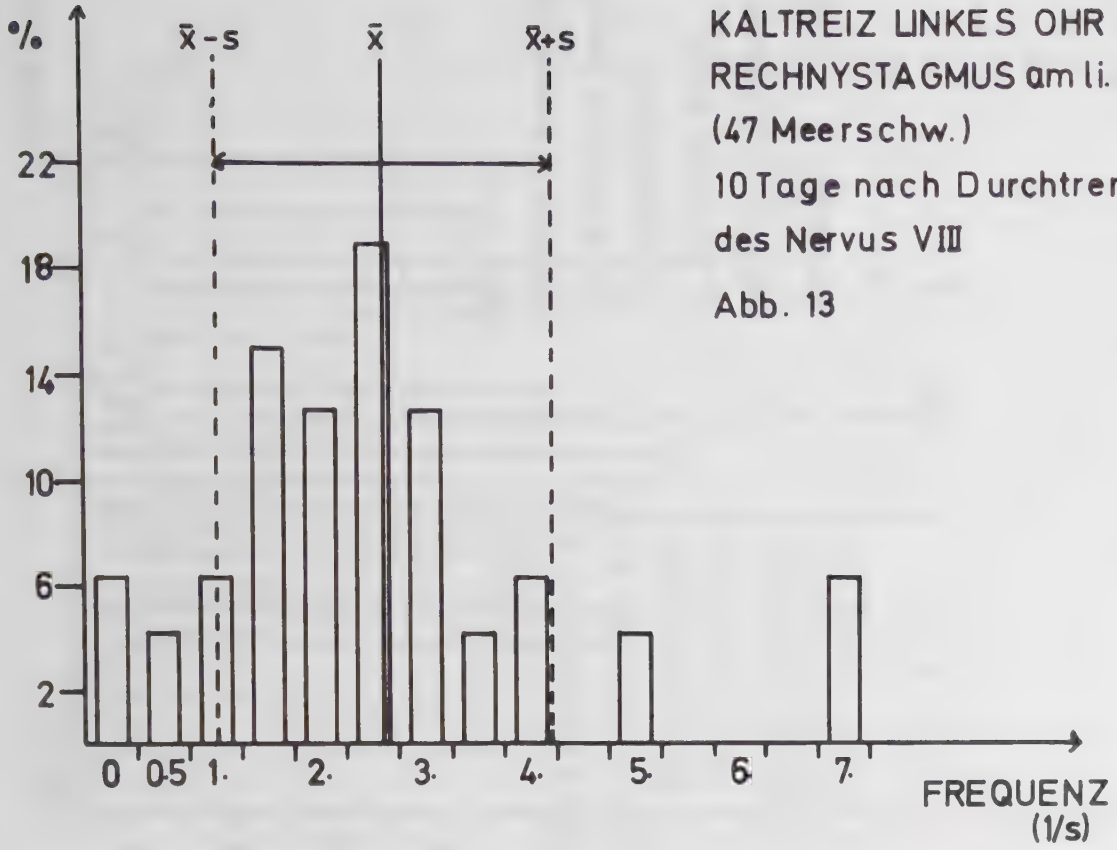

%
KALTREIZ LINKES OHR 30°C
RECHTSNYSTAGMUS am rechten Auge
(111 Meerschw.)
Abb. 10
x̄
x̄-s
x̄+s
14
10
6
2
0 0.5 1.0 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8.5 10.
FREQUENZ
(1/s)


%
KALTREAKTION LINKES OHR 30°C
RECHTSNYSTAGMUS am linken Auge
(111Meerschw.)
x̄
x̄-s
x̄+s
Abb. 11
18
10
6
2
0
0.5
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
FREQUENZ
(1/s)



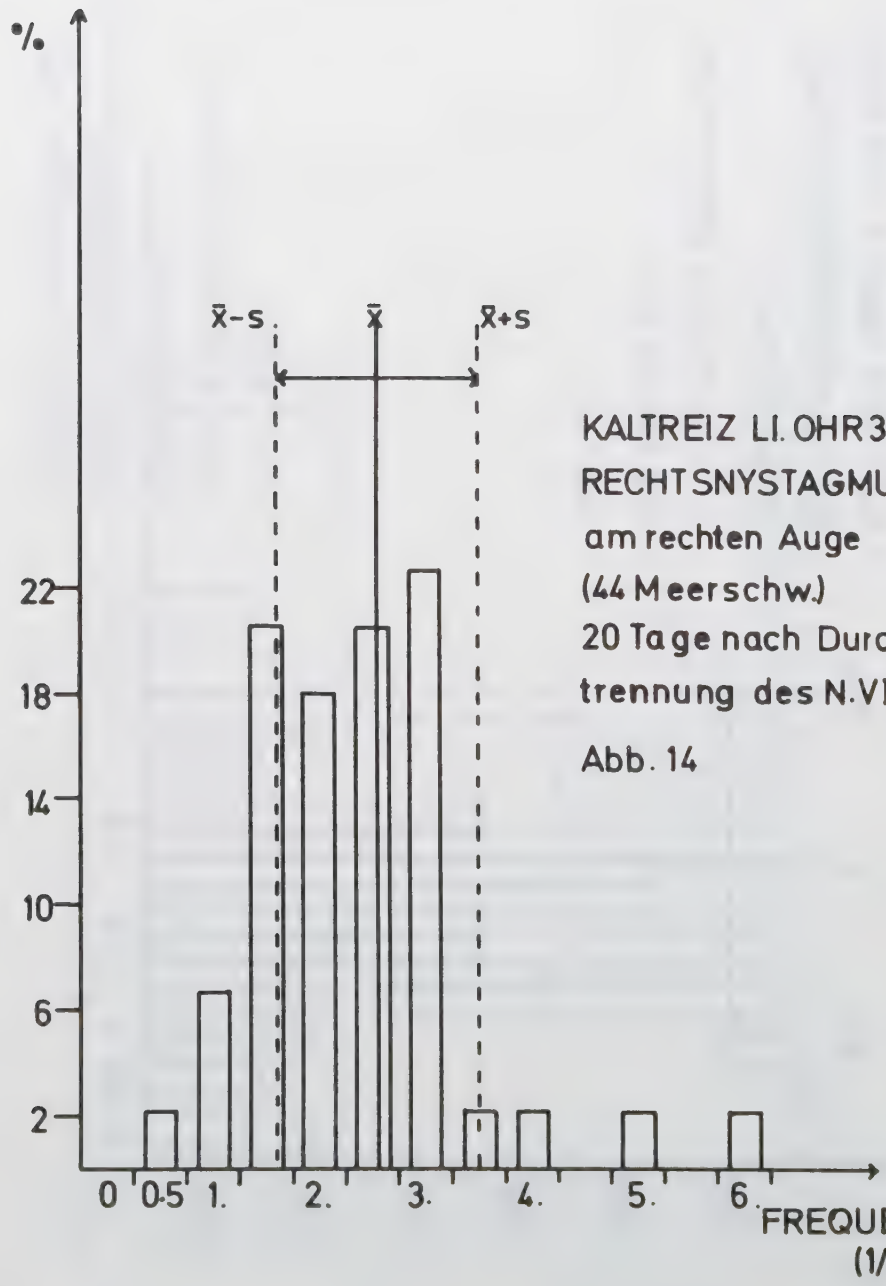
KALTREIZ LINKES OHR 30°C
RECHTSNYSTAGMUS am re. Auge
(47 Meerschw.)
10 Tage nach Durchtrennung des
Nervus VIII

Abb. 12



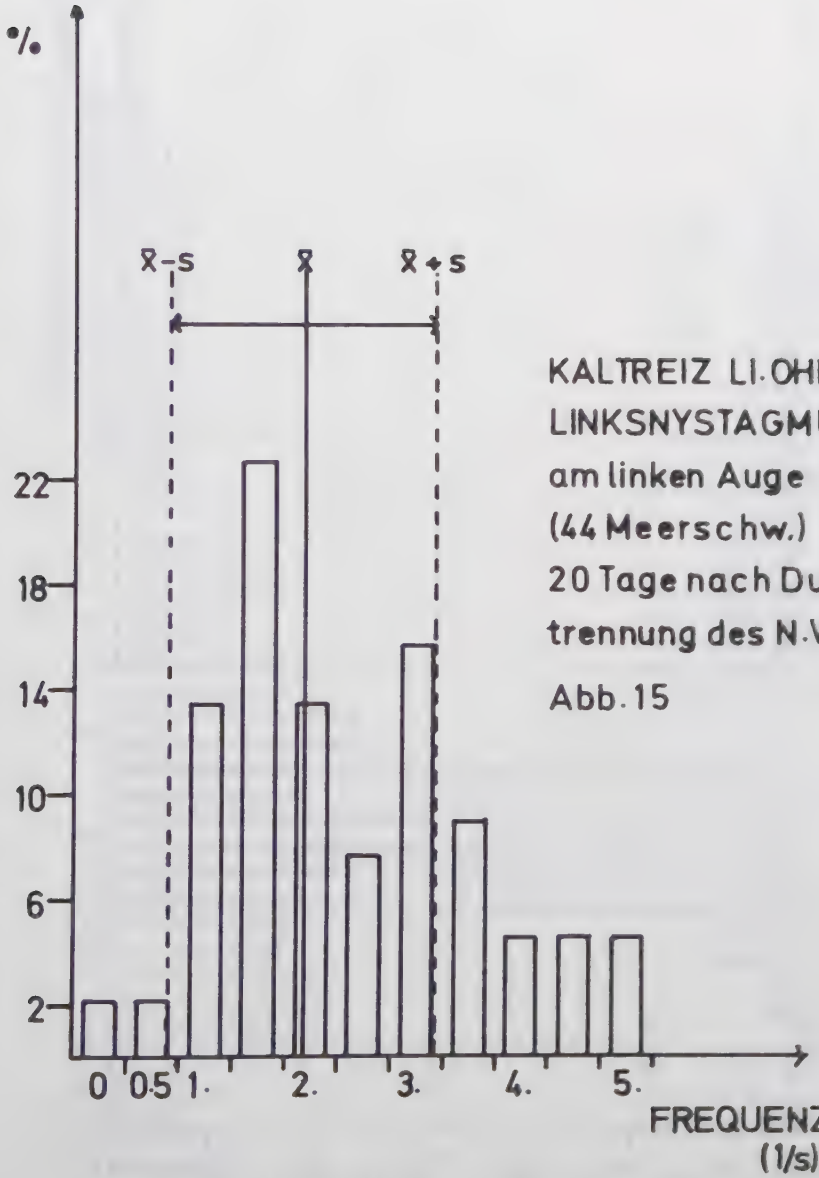
KALTREIZ LINKES OHR 30°C
RECHNYSTAGMUS am li. Auge
(47 Meerschw.)
10 Tage nach Durchtrennung
des Nervus VIII

Abb. 13



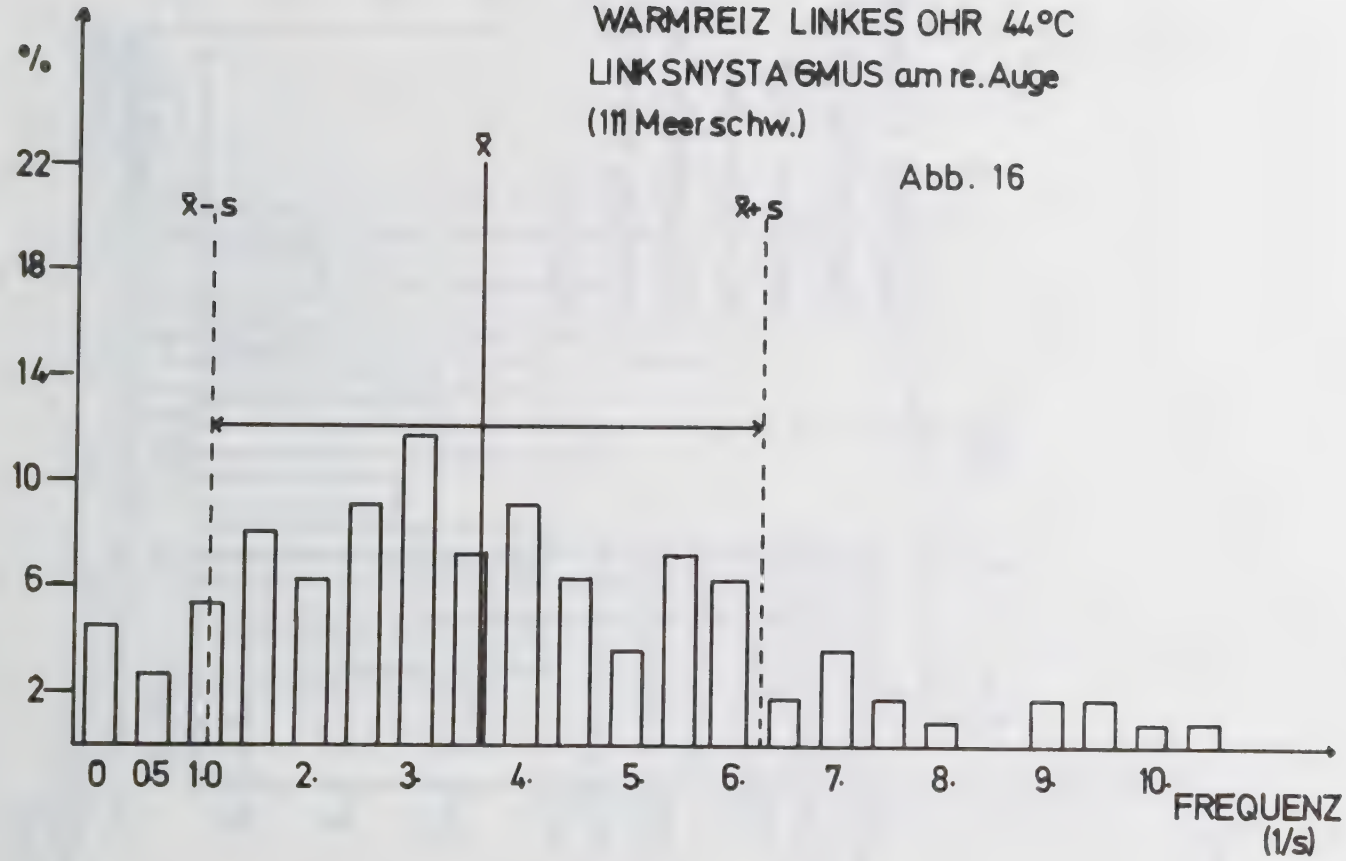
KALTREIZ LI. OHR 30°C
RECHTSNYSTAGMUS
am rechten Auge
(44 Meerschw.)
20 Tage nach Durchtrennung des N. VIII

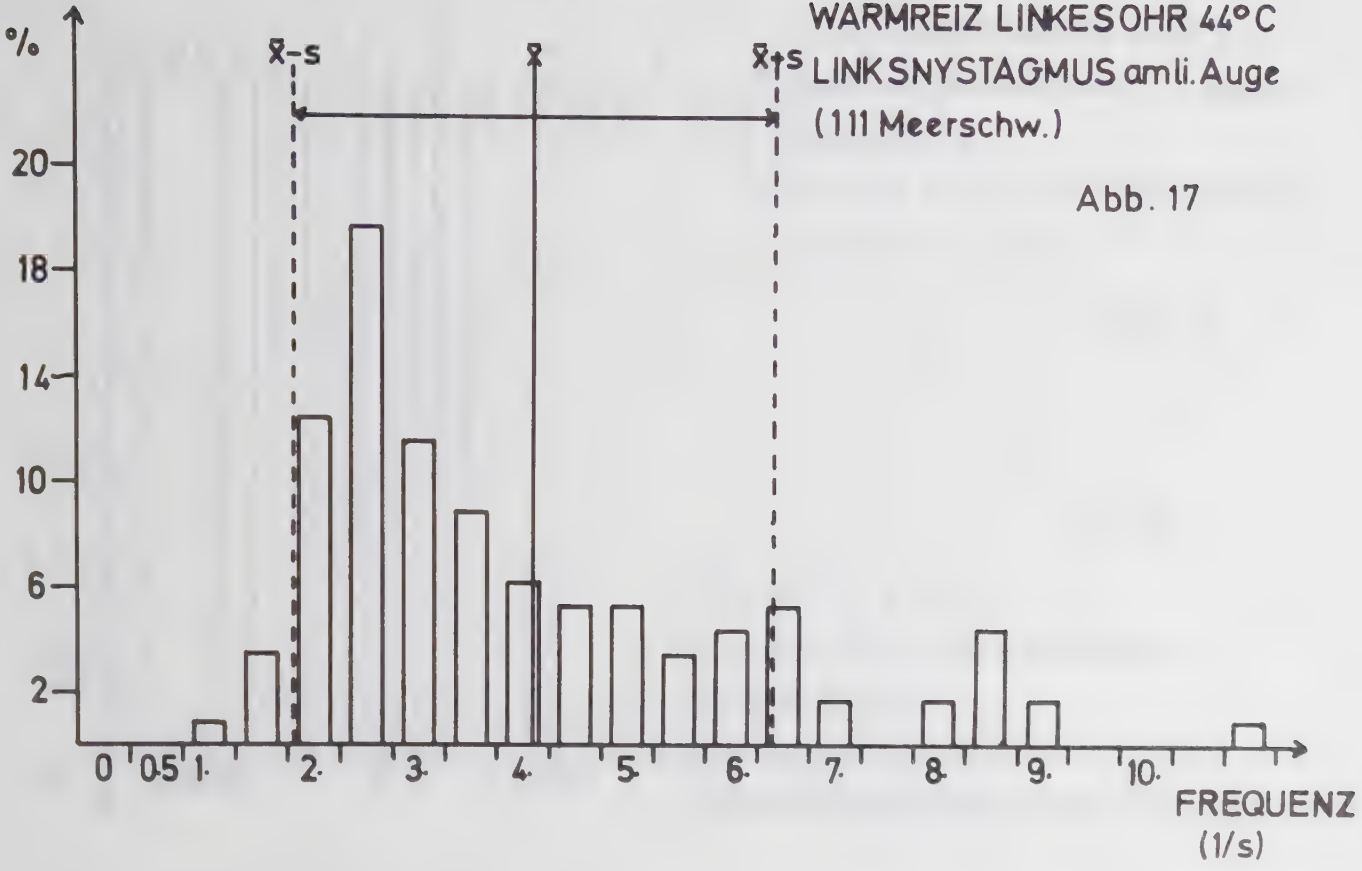
Abb. 14

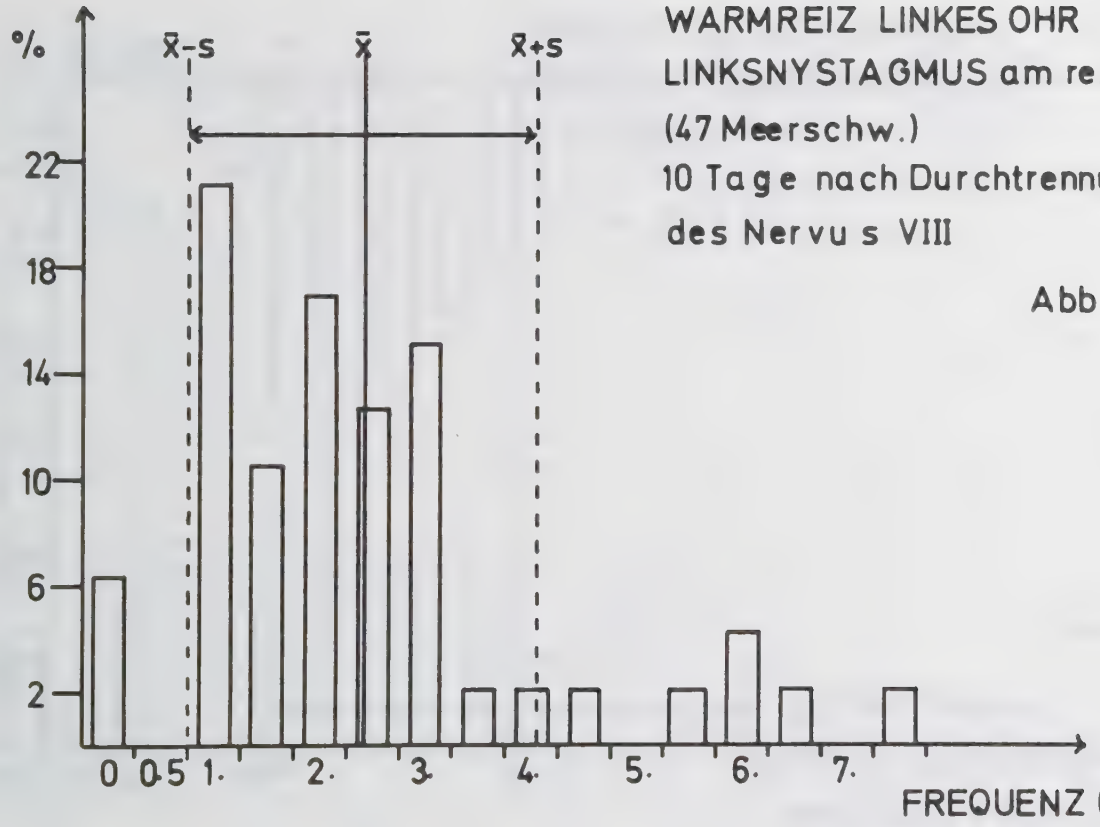


KALTREIZ LI. OHR 30° C
LINKSNYSTAGMUS
am linken Auge
(44 Meerschw.)
20 Tage nach Durch-
trennung des N. VIII

Abb. 15

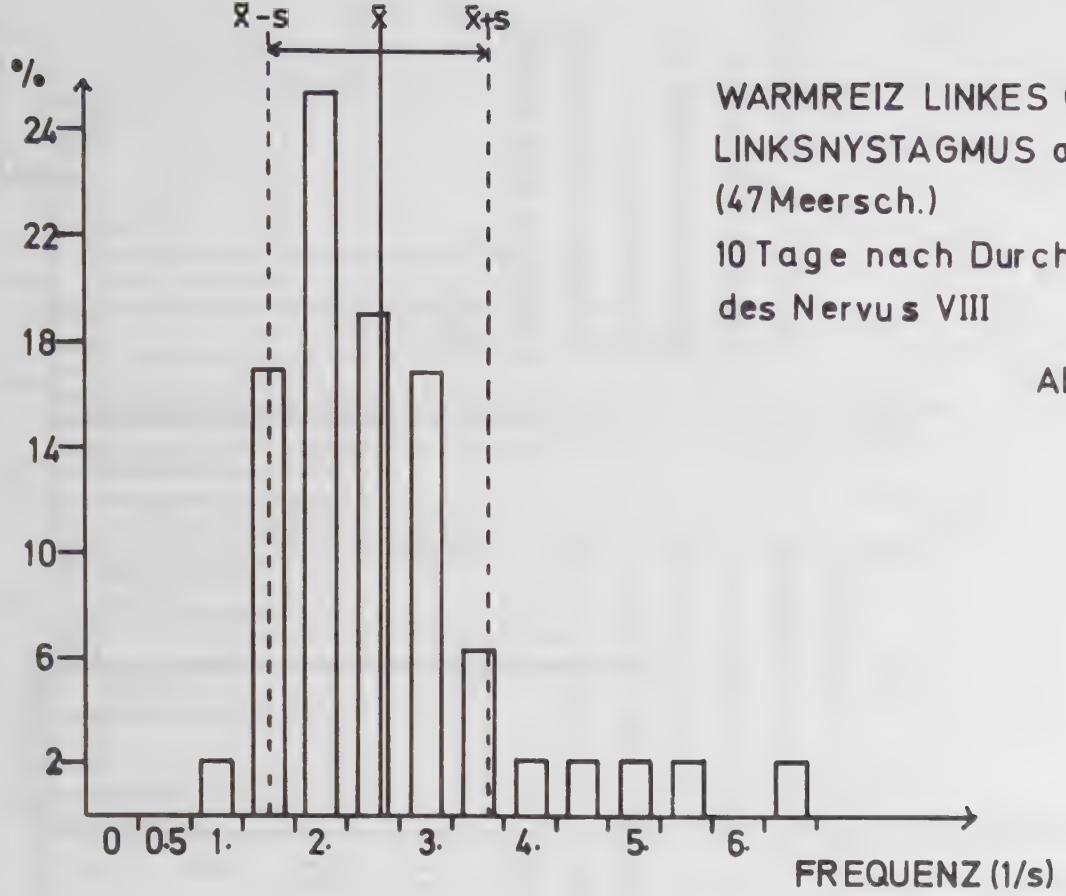

WARMREIZ LINKES OHR 44°C
LINKSNYSTAGMUS am re. Auge
(111 Meerschw.)
Abb. 16
%
22
18
14
10
6
2
x̄
x̄-s
x̄+s
0
05
1·0
2·
3·
4·
5·
6·
7·
8·
9·
10·
FREQUENZ
(1/s)


WARMREIZ LINKES OHR 44°C
LINKSNYSTAGMUS am li. Auge
(111 Meerschw.)
Abb. 17
%
20
18
14
10
6
2
x̄-s
x̄
x̄+s
0
0.5
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
FREQUENZ
(1/s)



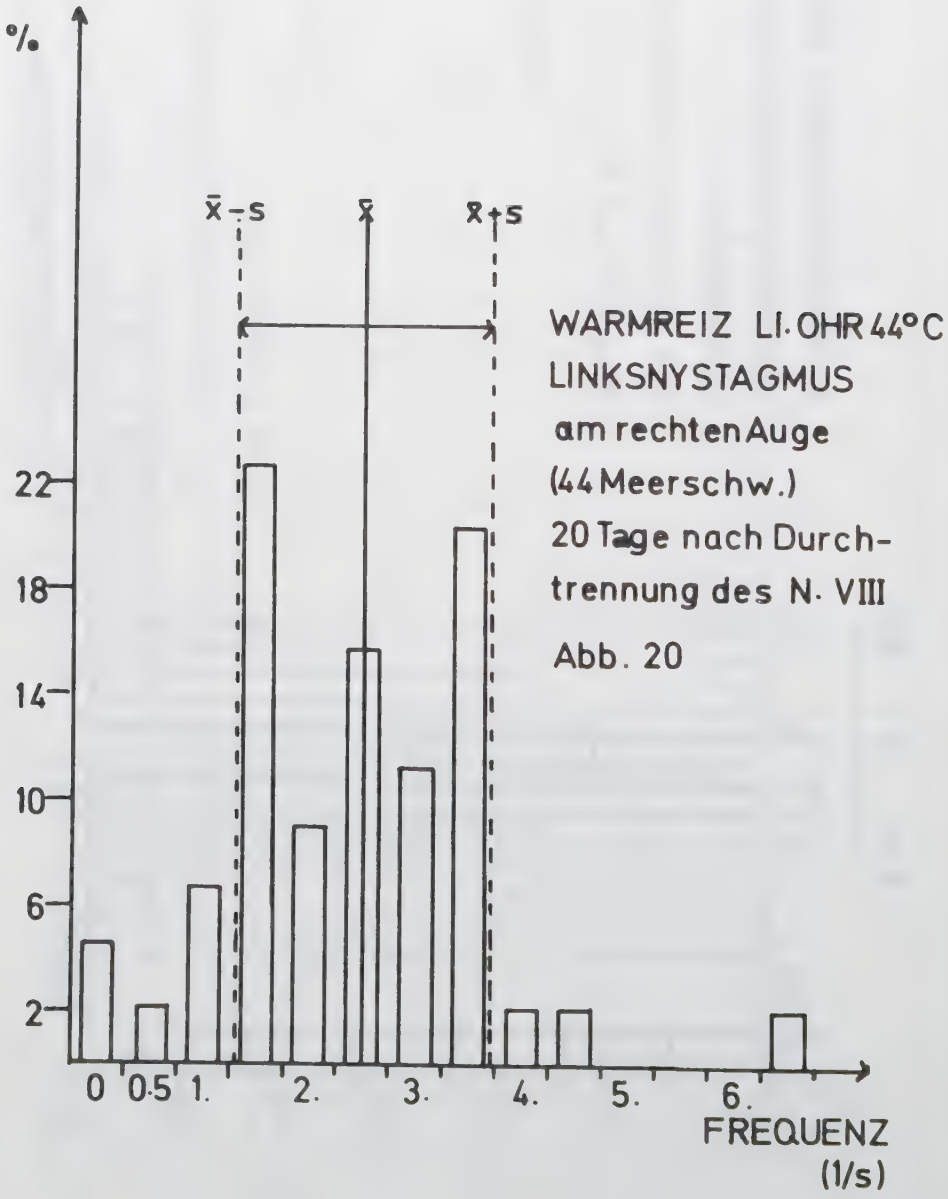
WARMREIZ LINKES OHR 44°C
LINKSNYSTAGMUS am re. Auge
(47 Meerschw.)
10 Tage nach Durchtrennung
des Nervus VIII

Abb. 18



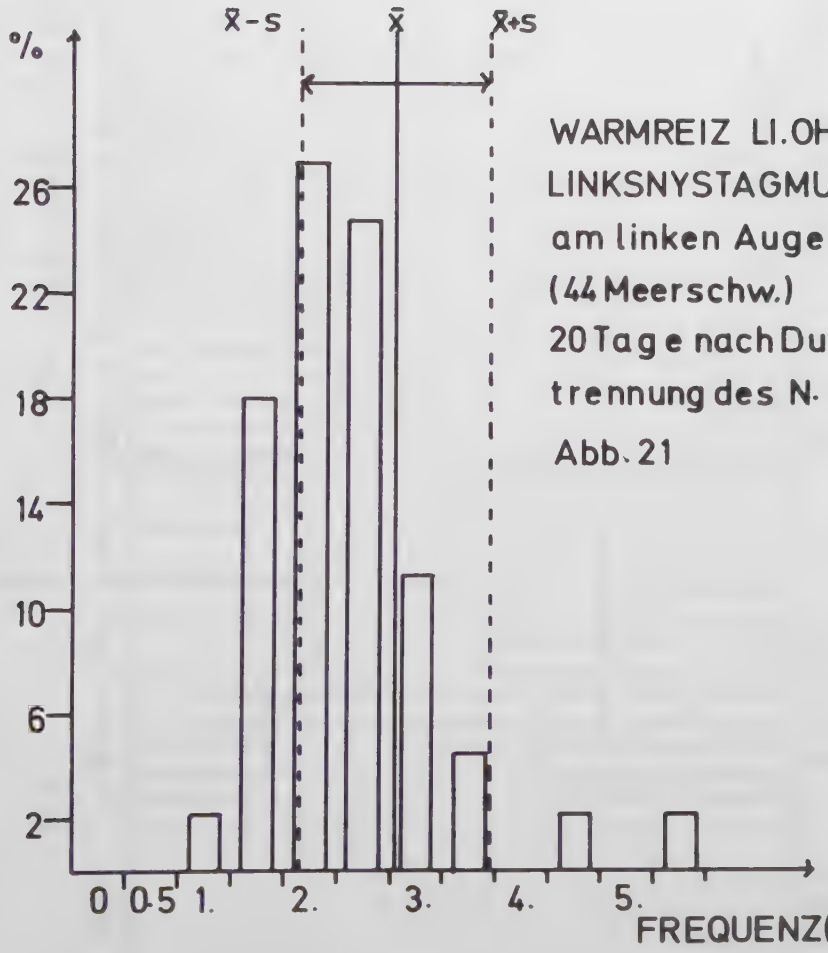
WARMREIZ LINKES OHR 44° C
LINKSNYSTAGMUS am li Auge
(47 Meersch.)
10 Tage nach Durchtrennung
des Nervus VIII

Abb. 19



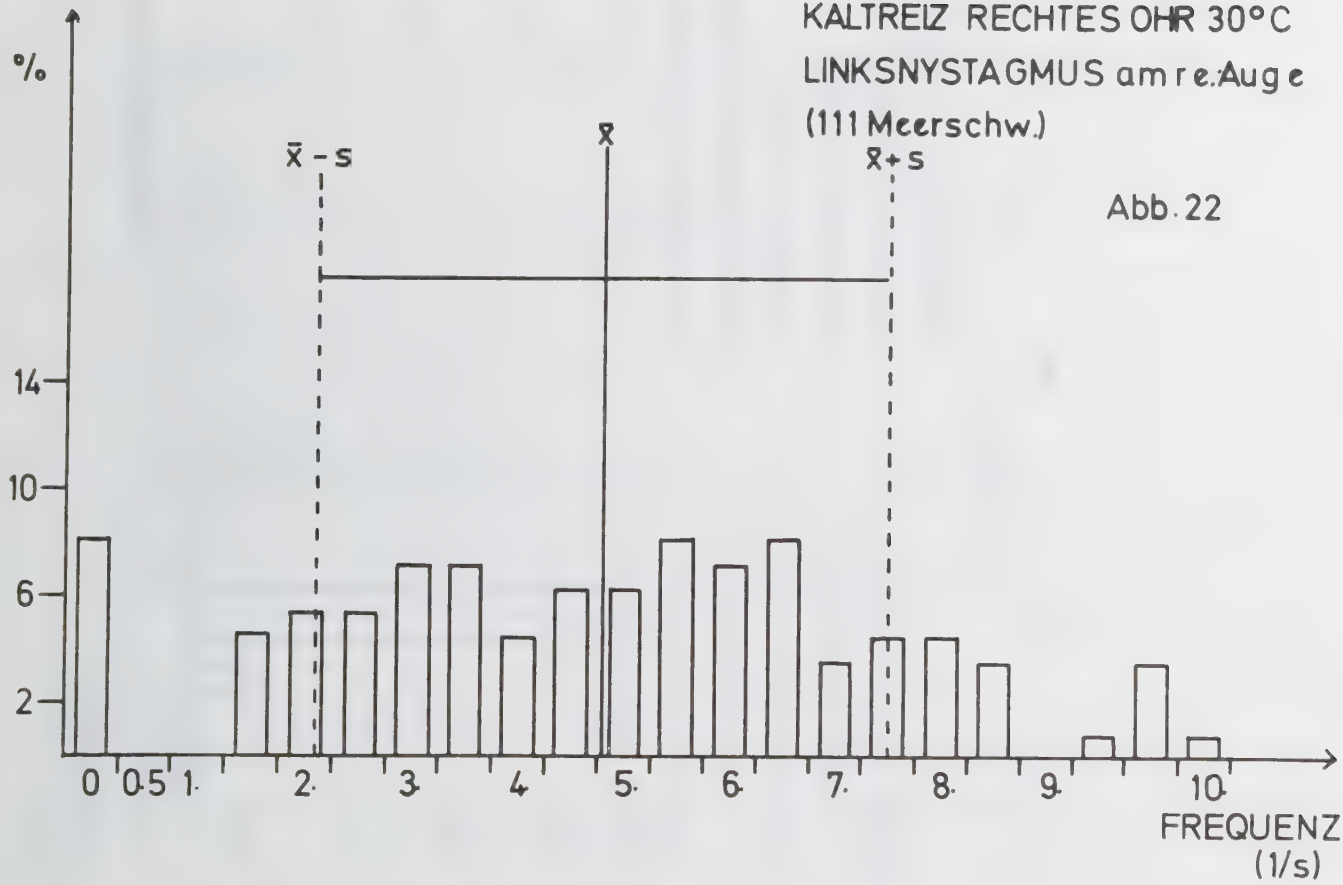
WARMREIZ LI. OHR 44°C
LINKSNYSTAGMUS
am rechten Auge
(44 Meerschw.)
20 Tage nach Durch-
trennung des N. VIII

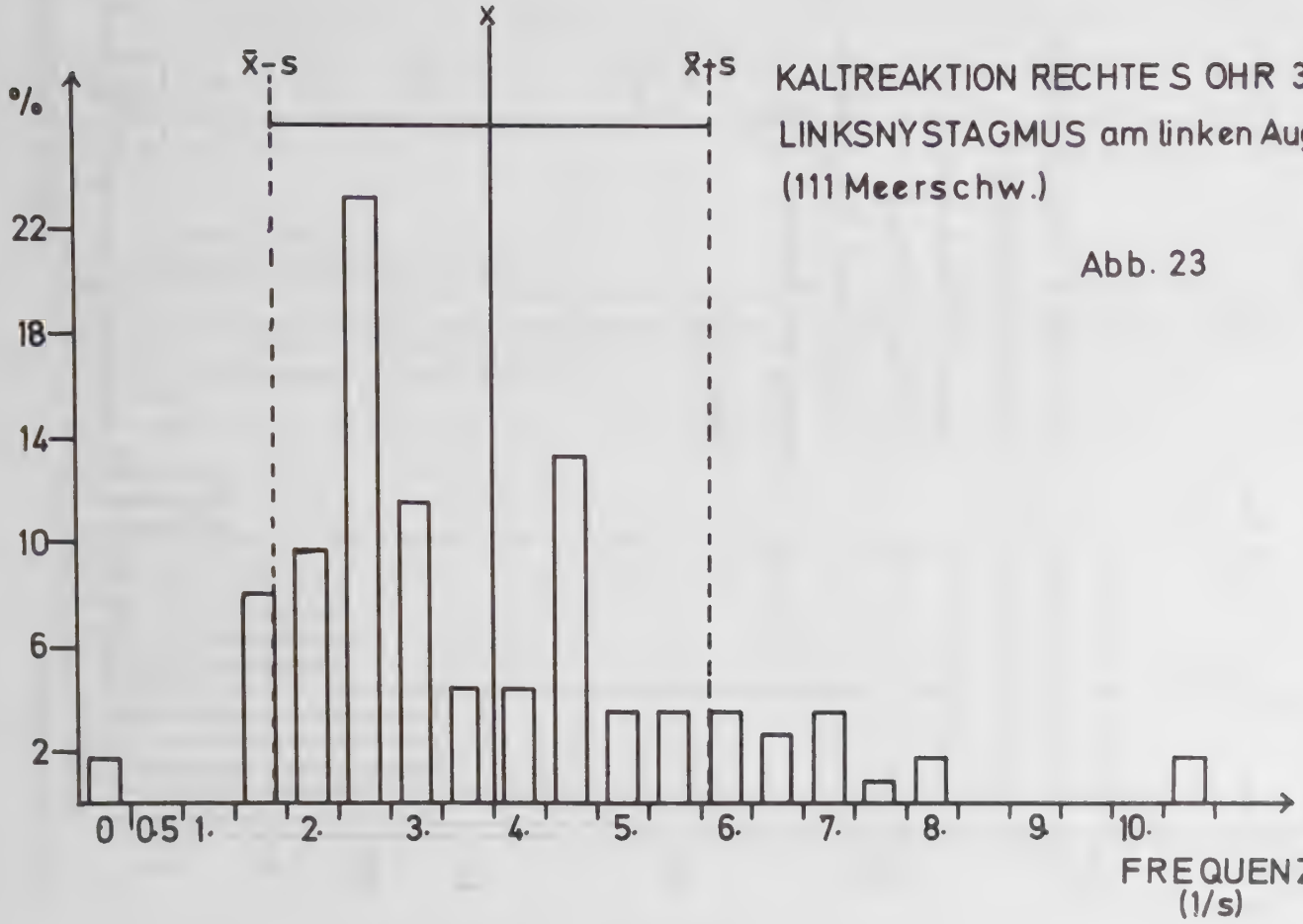
Abb. 20



WARMREIZ LI.OHR 44°C
LINKSNYSTAGMUS
am linken Auge
(44 Meerschw.)
20 Tage nach Durch-
trennung des N. VIII

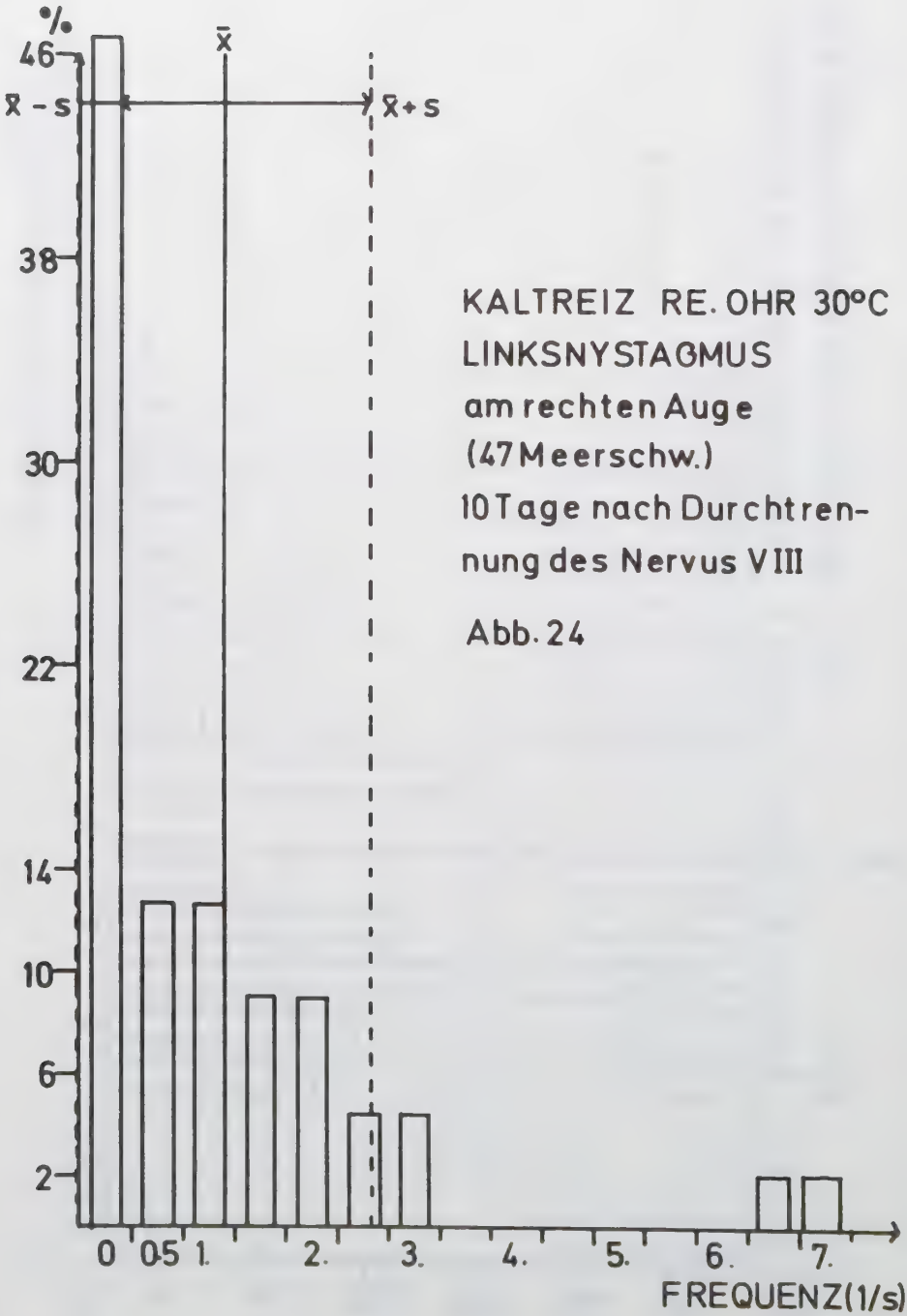
Abb. 21


KALTREIZ RECHTES OHR 30°C
LINKSNYSTAGMUS am r.e. Auge
(111 Meerschw.)
Abb. 22
%
14
10
6
2
x̄ - s
x̄
x̄ + s
0
0.5
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
FREQUENZ
(1/s)



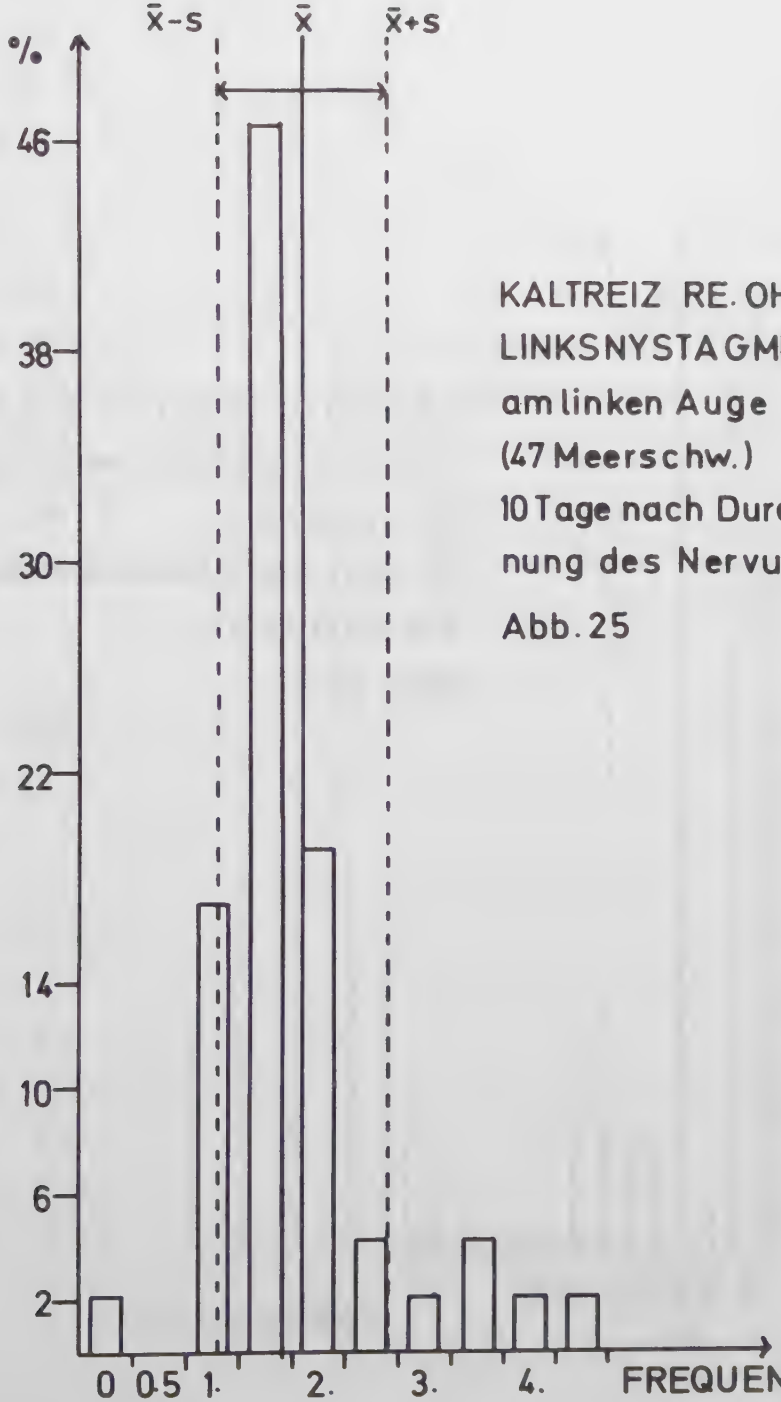
KALTREAKTION RECHTES OHR 30°C
LINKSNYSTAGMUS am linken Auge
(111 Meerschw.)

Abb. 23



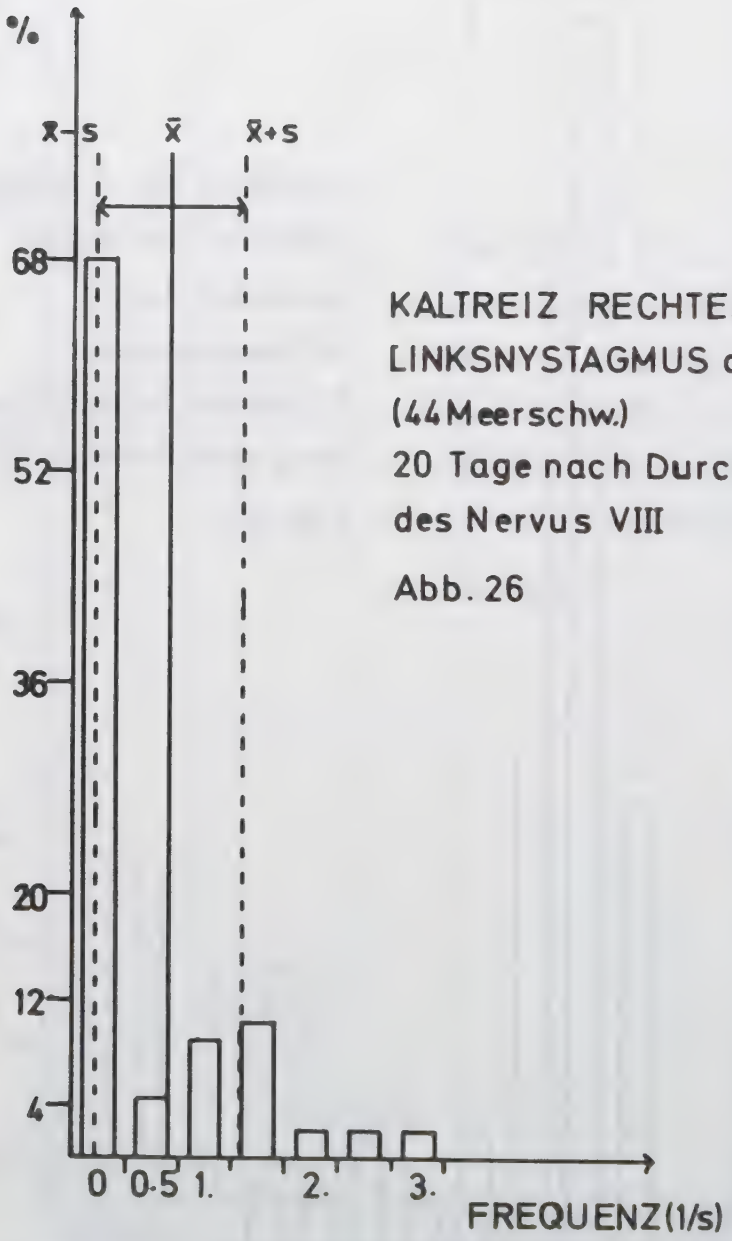
KALTREIZ RE. OHR 30°C
LINKSNYSTAGMUS
am rechten Auge
(47 Meerschw.)
10 Tage nach Durchtrennung des Nervus VIII

Abb. 24



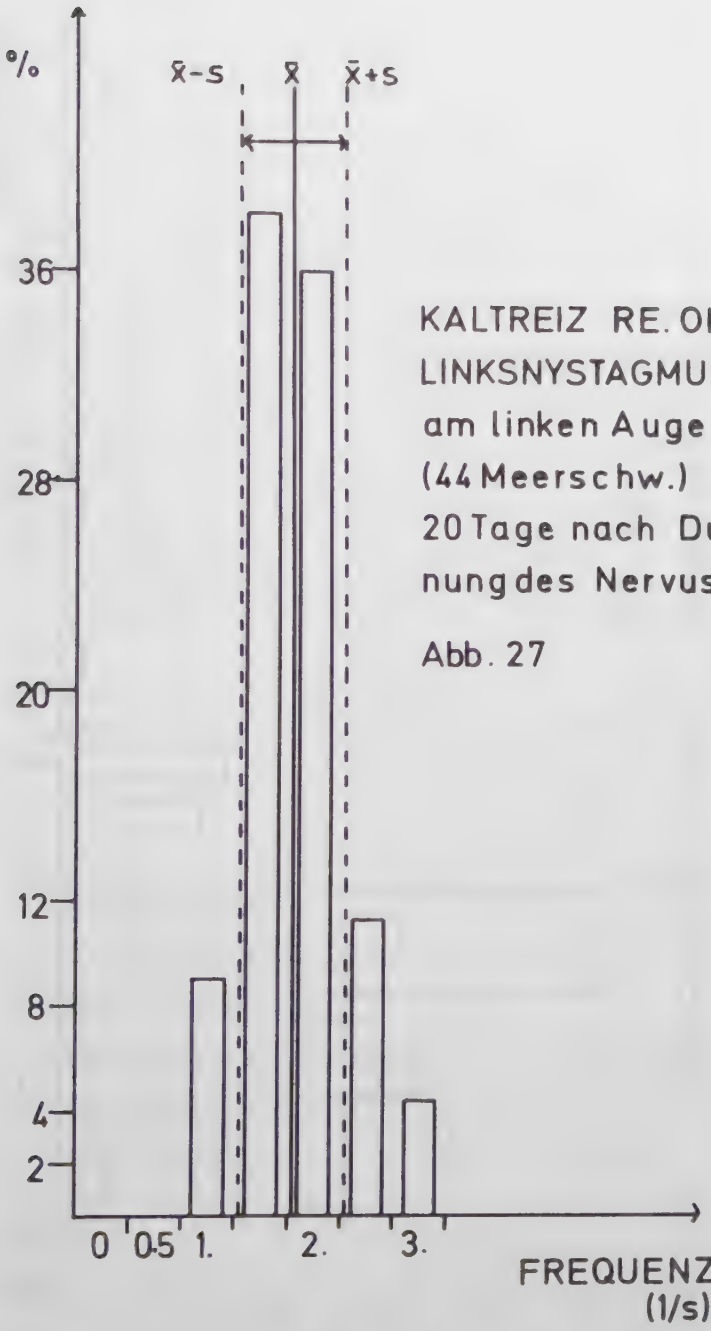
KALTREIZ RE. OHR 30°C
LINKSNYSTAGMUS
am linken Auge
(47 Meerschw.)
10 Tage nach Durchtrennung des Nervus VIII

Abb. 25



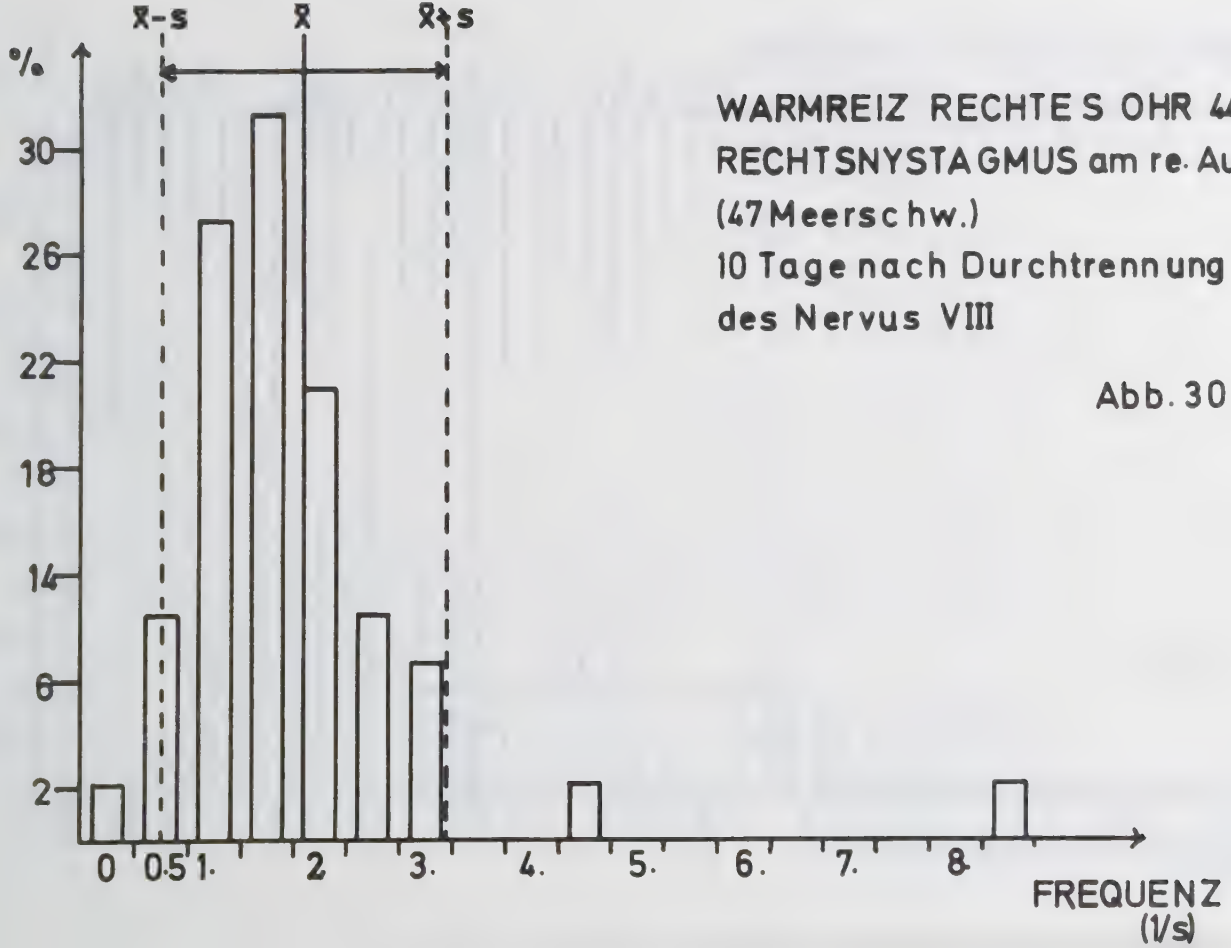
KALTREIZ RECHTES OHR 30°C
LINKSNYSTAGMUS am re. Auge
(44 Meerschw.)
20 Tage nach Durchtrennung
des Nervus VIII

Abb. 26



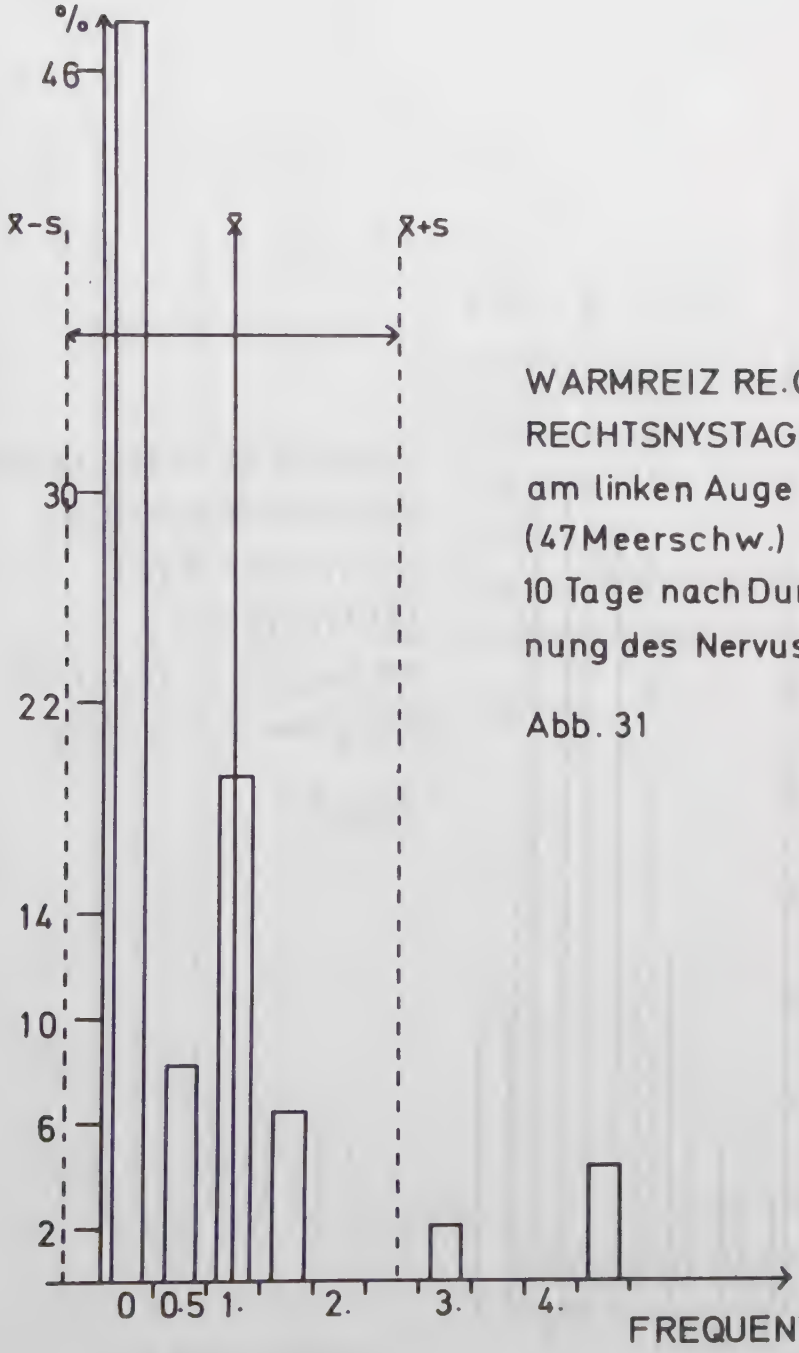
KALTREIZ RE. OHR 30°C
LINKSNYSTAGMUS
am linken Auge
(44 Meerschw.)
20 Tage nach Durchtrennung des Nervus VIII

Abb. 27



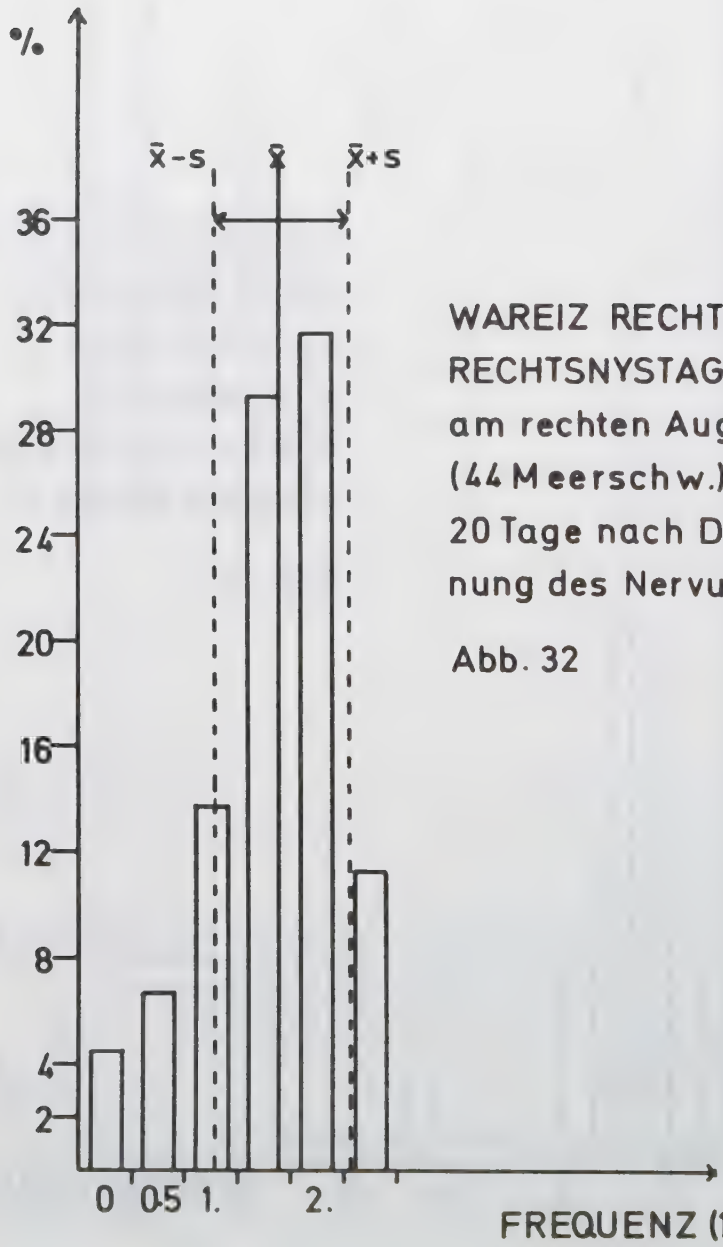
WARMREIZ RECHTES OHR 44°C
RECHTSNYSTAGMUS am re. Auge
(47 Meerschw.)
10 Tage nach Durchtrennung
des Nervus VIII

Abb. 30



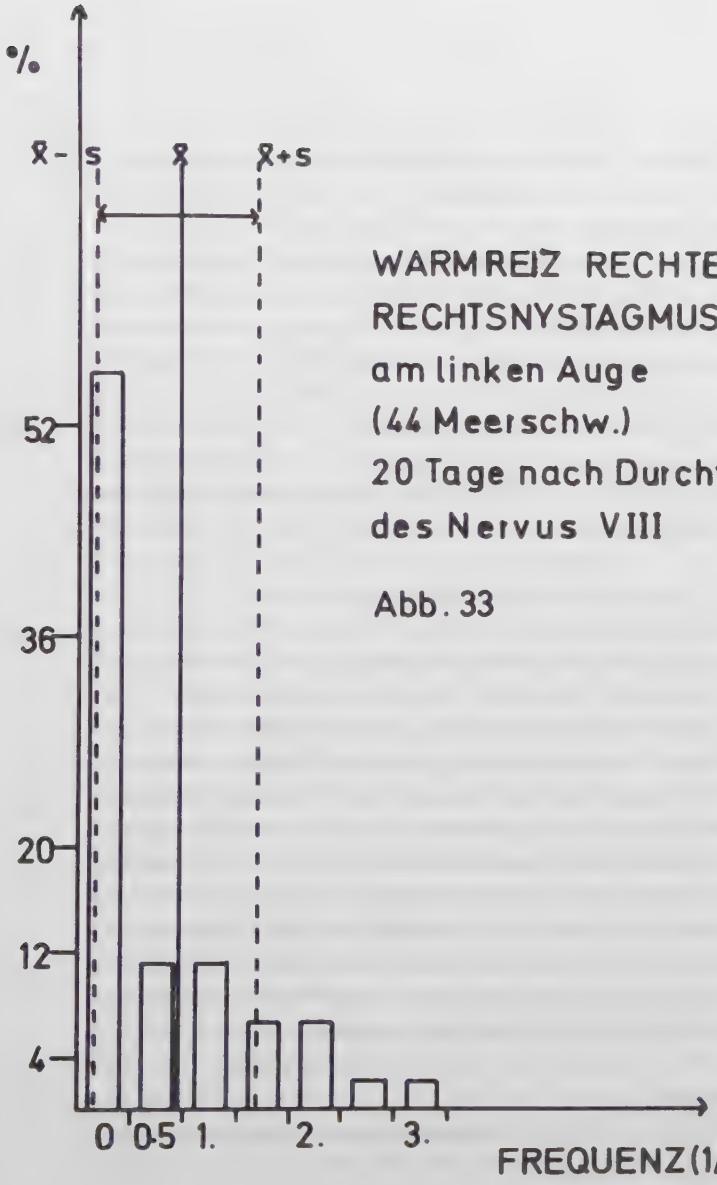
WARMREIZ RE. OHR 44°C
RECHTSNYSTAGMUS
am linken Auge
(47 Meerschw.)
10 Tage nach Durchtrennung des Nervus VIII

Abb. 31



WAREIZ RECHTES OHR 44°C
RECHTSNYSTAGMUS
am rechten Auge
(44 Meerschw.)
20 Tage nach Durchtrennung des Nervus VIII

Abb. 32



WARMREIZ RECHTES OHR 44°C
RECHTSNYSTAGMUS
am linken Auge
(44 Meerschw.)
20 Tage nach Durchtrennung
des Nervus VIII

Abb. 33

± 1,37 Hz. Mit einer mittleren Latenz von 24,5 sec. ± 18,7 sec. Standardabweichung kommt es zur Kulmination, die zwischen dem Minimalwert 0 sec. und dem Maximalwert 75 sec. streut.
Das linke Auge reagiert nach rechts mit Nystagmusraten zwischen 0 Hz und 9,3 Hz, die gemittelt 0,74 Hz bei einer Standardabweichung von ± 1,60 Hz ergeben. Zur Kulmination kommt es nach 0 sec. bis 65 sec., im Mittel 14,9 sec. bei einer Standardabweichung von ± 20,1 sec..
Das linke Auge zeigt Linksnystagmen, die im Bereich des Spontanen liegen. Der Mittelwert ist 1,57 Hz ± 1,37 Hz Standardabweichung, jedoch nicht zum Zeitpunkt der Kulmination des Rechtsnystagmus.

20 Tage postoperativ (44 Meerschweinchen):
(Abb. 32, 33, Tab. 3, 5, 6)
Rechtsschläge am rechten Auge treten mit Frequenzen von 0 Hz bis 2,6 Hz auf. Der Mittelwert ergibt 1,40 Hz ± 0,62 Hz Standardabweichung. Die Werte kumulieren im Schnitt in der 22,8. sec. ± 20,2 sec. Standardabweichung und streuen von 0 bis zu einem Maximalwert von 100 sec..
Das linke Auge zeigt Reaktionen zwischen 0 und 3,3 Hz, durchschnittlich ergeben sich 0,44 Hz ± 0,77 Hz Standardabweichung. Die Latenz der Kumulation geht von 0 bis 58 sec., im Mittel liegt sie bei 1,0 sec. ± 15,8 sec..
Der Mittelwert der Linksnystagmen am lingen Auge kommt dem des Spontannystagmus nahe. Der Kulminationszeitpunkt weicht aber von dem der Rechtsnystagmen ab.

c) Trends:
Anders als in der anthropometrischen Neurootologie wird in der vorliegenden Versuchsreihe zuerst links kalt und

warm, anschließend rechts kalt und warm gereizt (1. links 30°C, 2. links 44°C, 3. rechts 30°C, 4. rechts 44°C).
Die Ergebnisse können beeinflußt sein durch die Traumatisierungen des Gehirns nach der Operation und durch die Trommelfellperforationen. Die statistischen Ergebnisse können auch nur bedingt verglichen werden, da die Kollektivgrößen bei den prä- und den postoperativen Untersuchungen sehr unterschiedlich sind.

Spontannystagmus
Rezeptororientierter Seitenvergleich (Abb. 35 - 39):
Hier können wir nur die Beträge vergleichen, da Warm- bzw. Kaltreiz zu entgegengesetzten Nystagmen führen.

Linkes Ohr - Gegenüberstellung des Rechtsnystagmus nach Kaltreizung und des Linksnystagmus nach Warmreizung (30° links - 44° links):
Präoperativ sehen wir, daß nach Kaltreiz und Warmreiz das ipsilaterale Auge höherfrequent schlägt, wobei der Kaltreiz eine stärkere Reizantwort provoziert.
Nach der Operation sinken die Werte stark ab, bleiben aber noch über den Werten des Spontannystagmus. Die Ergebnisse des Kaltreizes sind am rechten Auge jetzt etwas höher, während der Warmreiz weiterhin das linke Auge leicht überwiegen läßt. Beide postoperative Kalorisierungen zeigen etwa gleich große Zahlen.
Die Standardabweichung, ein Parameter für die Streubreite, liegt bei Kaltreiz am rechten Auge, bei Warmreiz am linken Auge höher. Sie überwiegt also stets an dem Auge, das der Spontannystagmusrichtung entgegengesetzt schlägt, und zwar sowohl prä- als auch postoperativ.

Rechtes Ohr - Gegenüberstellung des Linksnystagmus nach Kaltreizung und des Rechtsnystagmus nach Warmreizung (30^{o} rechts - 44^{o} rechts):
Präoperativ haben wir ein Bild wie am linken Ohr. Die ipsilateralen - also rechten Augen - schlagen schneller. Die Standardabweichung ist an dem Auge höher, dessen Nystagmus umgekehrt als spontan abläuft. Die Werte sind alle niedriger als nach Linksreizung.

Die Ergebnisse nach der Operation zeigen einen erheblichen Abfall, der für die Schlagrichtung des Spontannystagmus geringer ist als für die entgegengesetzte Tendenz. So schlägt nach Kaltreiz das linke Auge nach links bzw. nach Warmreiz das rechte Auge nach rechts etwas frequenter als die entsprechenden Spontannystagmen. Die Beträge von der ersten und der zweiten postoperativen Untersuchung variieren nur geringfügig. Die Standardabweichungen liegen meist etwas über denen des Spontannystagmus (Ausnahme: die erste postoperative Kalorisierung rechts 44^{o}).
Die postoperativen Nystagmen, die in der Richtung dem Spontannystagmus des jeweiligen Auges entgegengesetzt sind, liegen alle unter 1,0 Hz. Diese Ergebnisse erniedrigen sich bei der 2. postoperativen Kalorisierung noch weiter. Die zugehörigen Standardabweichungen sind höher als die Mittelwerte: ein Hinweis auf die hohe Zahl von Nullwerten (siehe auch die Verteilungsdiagramme welche die Linksschiefe besonders verdeutlichen).

Schlagrichtungsorientierter Seitenvergleich:
Linksnystagmus nach Warmreiz links und nach Kaltreiz rechts (44^{o} links - 30^{o} rechts):
Wie präoperativ sind die ipsilateralen Nystagmen stärker

ausgeprägt, wobei die Kaltreaktion größer ausfällt. Postoperativ kommt es zu großen Unterschieden, da die Erregungsableitung rechts unterbrochen ist, erzielen wir sehr viel geringere Linksnystagmen nach Kaltreiz rechts als nach Warmreiz links.

Rechtsnystagmus nach Kaltreiz links und nach Warmreiz rechts (30^{o} links - 44^{o} rechts):
Prä- und postoperativ sehen wir ein Bild, das in seiner Tendenz dem des Linksnystagmus gleicht.

Vergleich zwischen linkem und rechtem Auge:
Ein wesentlicher Unterschied ist nicht erkennbar. Präoperativ reagiert das Auge intensiver, das auf der Seite des Rezeptors liegt.

Vergleich der Mittelwerte hinsichtlich der Reizfolge:
Auch wenn präoperativ der Kaltreiz links wie rechts höhere Ergebnisse provoziert als der Warmreiz links und rechts, so erkennt man, daß die nach der Linkskalorisierung durchgeführte Rechtsstimulierung jeweils niedrigere Mittelwerte ergab.

Nystagmusentwicklung nach der Operation:
Auf die Nystagmusentwicklung nach der Operation wird auch schon am Anfang dieses Kapitels eingegangen.
Während Warm- und Kaltreiz am linken Ohr noch zu deutlichen wenn auch abgeschwächten Nystagmen führen, sind die Warm- und Kaltreaktionen nach Reizung des rechten Ohrs minimal.

SPONTAN

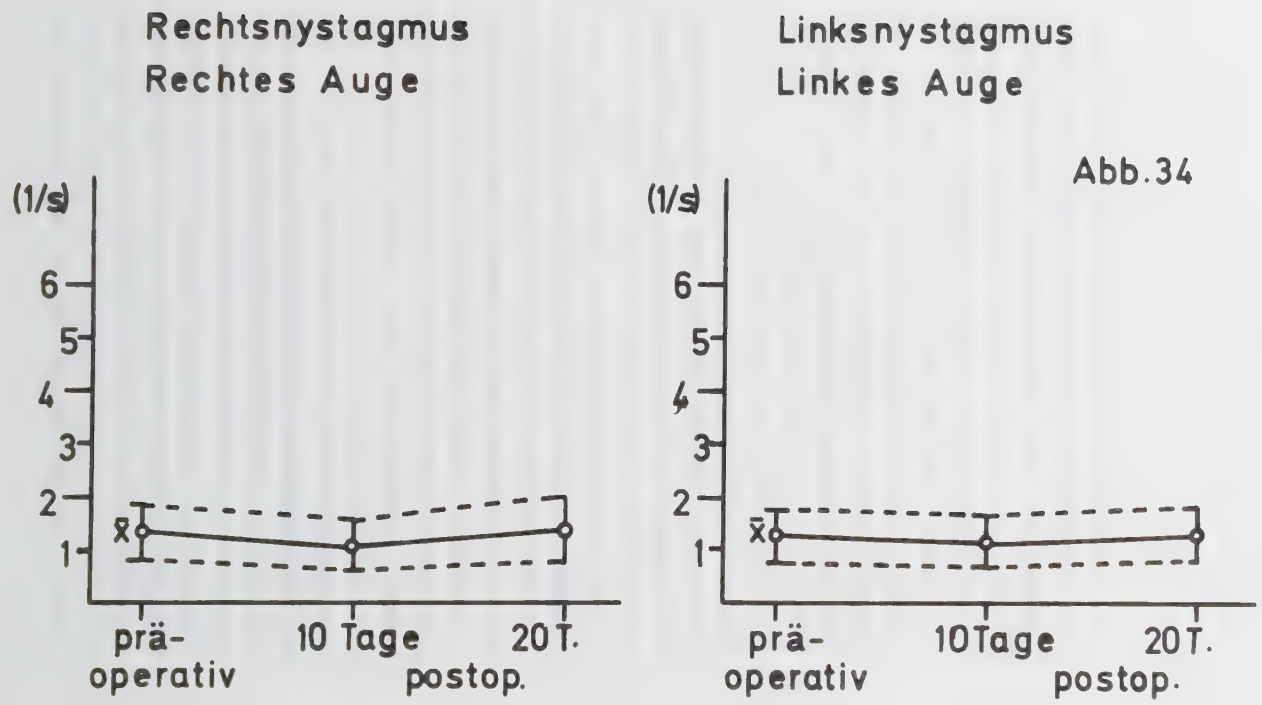


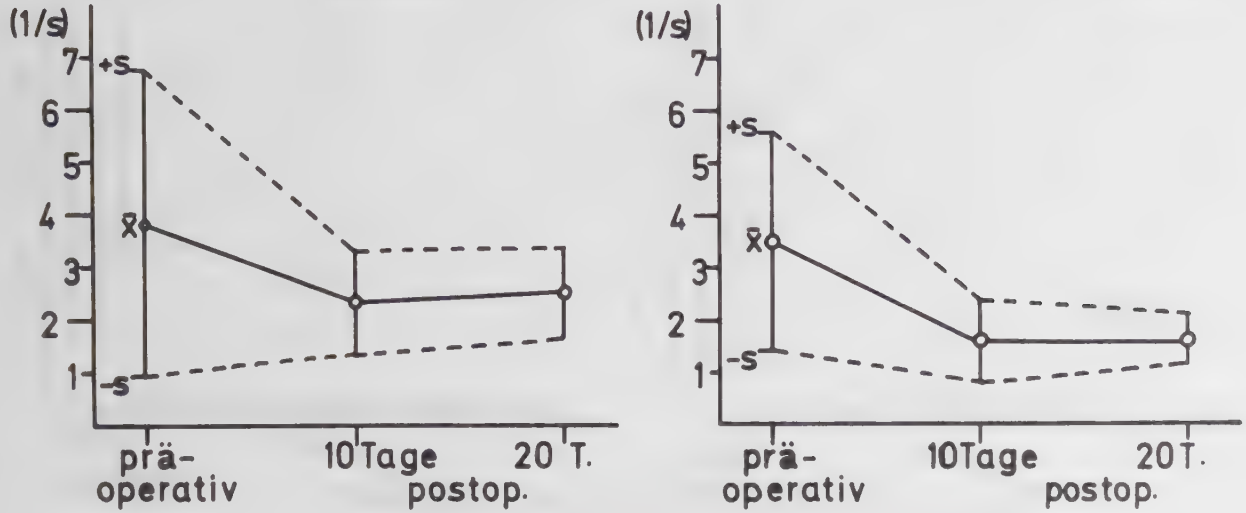
Abb. 34

LINKSNYSTAGMUS AM LINKEN AUGE
nach

Warmreiz linkes Ohr 44°C

Kaltreiz rechtes Ohr 30°C

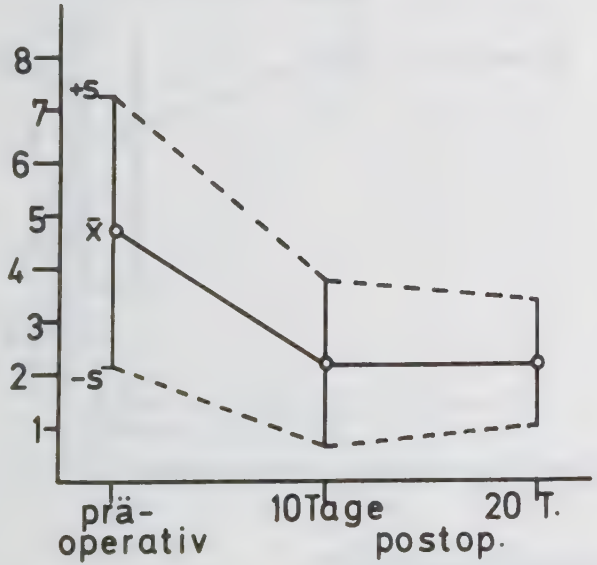
Abb. 36



LINKSNYSTAGMUS AM RECHTEN AUGE

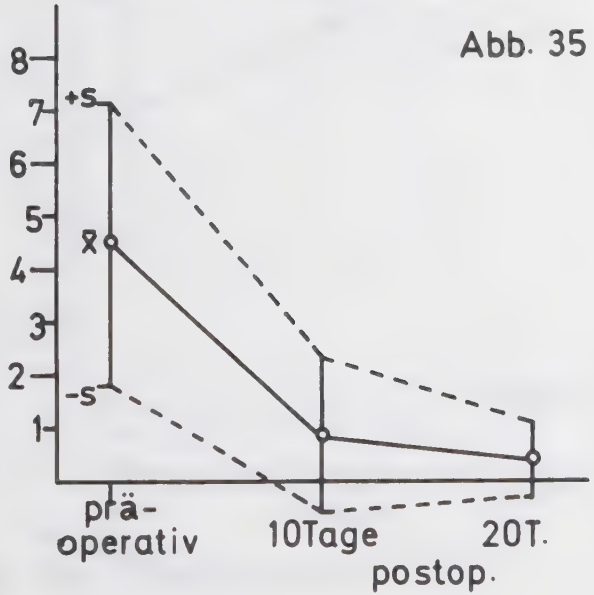
nach

Warmreiz linkes Ohr 44°C



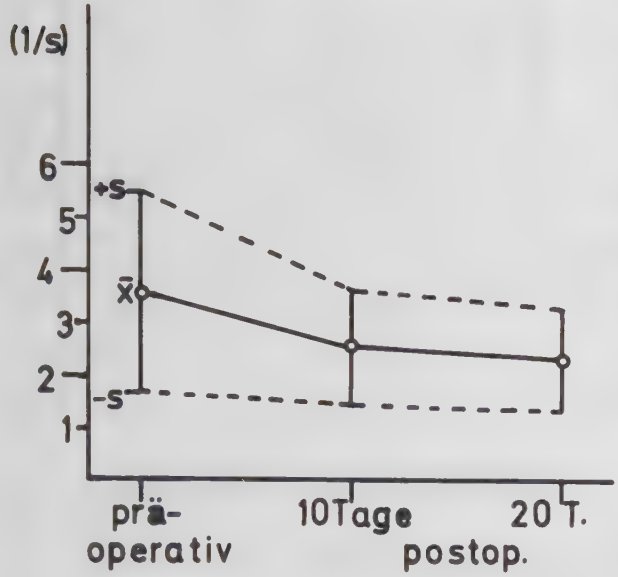
Kaltreiz rechtes Ohr 30°C

Abb. 35



RECHTSNYSTAGMUS AM RECHTEN AUGE
nach

Kaltreiz linkes Ohr 30°C



Warmreiz rechtes Ohr 44°C

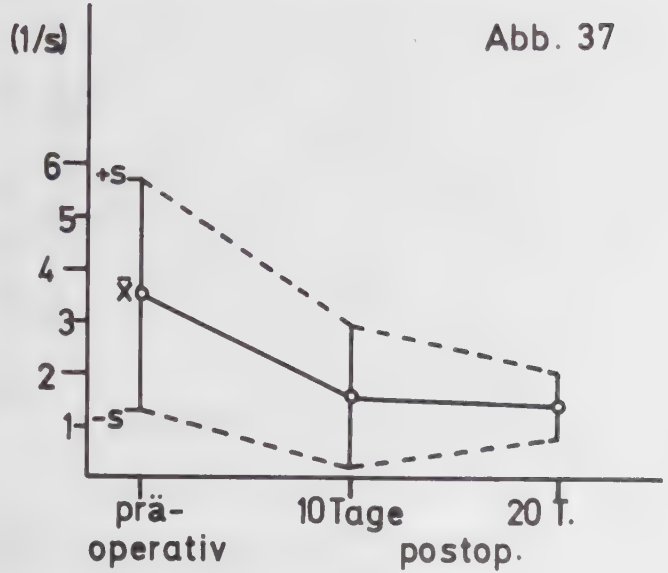
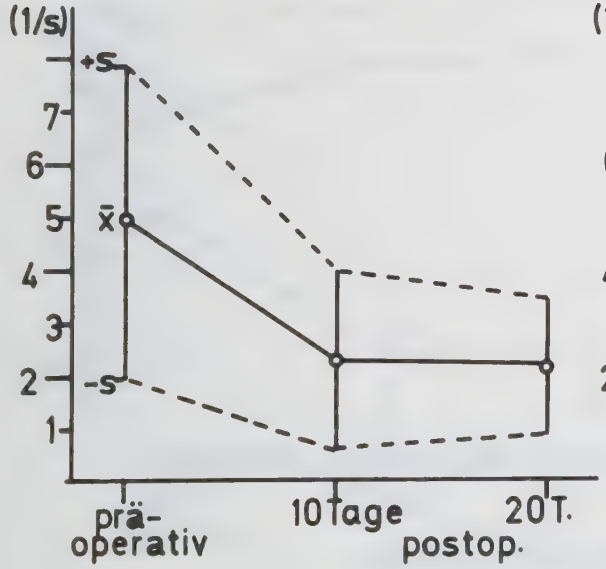


Abb. 37

RECHTSNYSTAGMUS AM LINKEN AUGE
nach

Kaltreiz linkes Ohr 30°C



Warmreiz rechtes Ohr 44°C

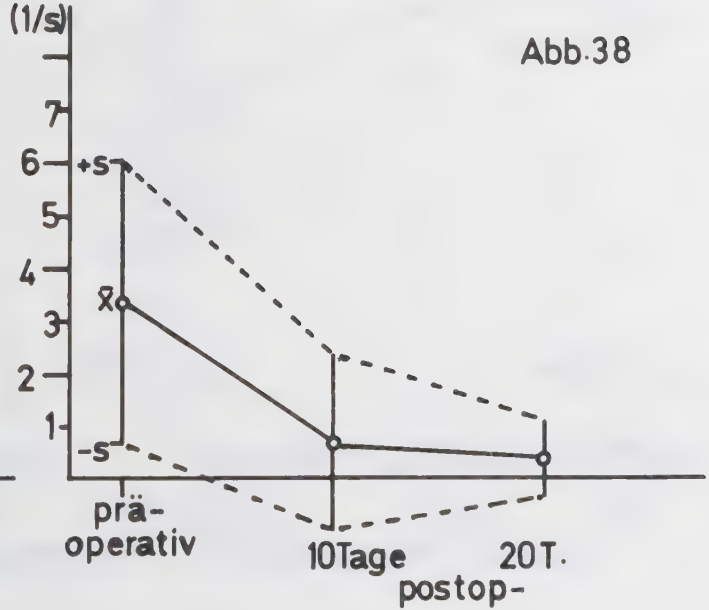


Abb. 38

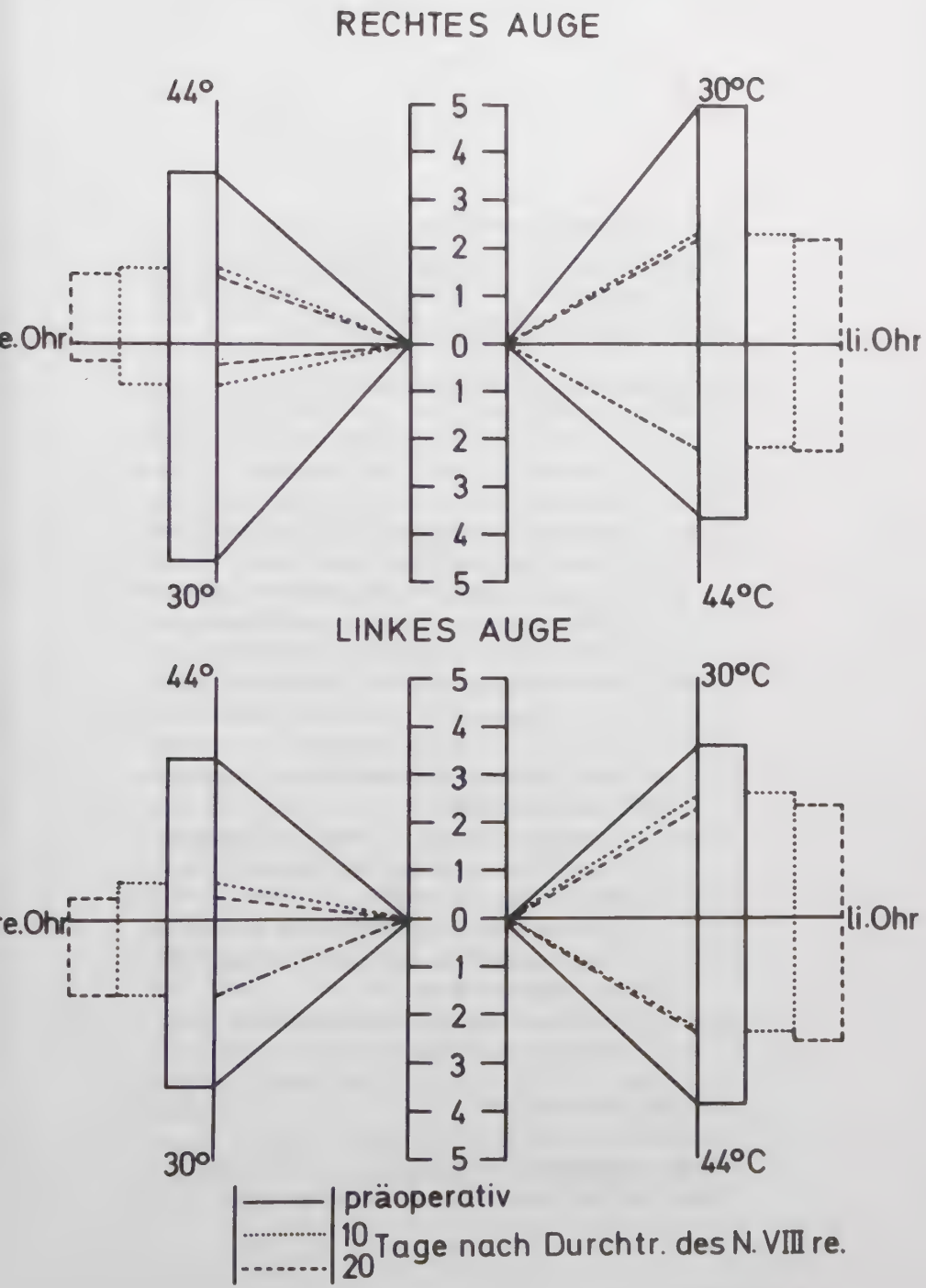

RECHTES AUGE
44°
30°
30°C
44°C
5
4
3
2
1
0
1
2
3
4
5
e.Ohr
li.Ohr
LINKES AUGE
44°
30°
30°C
44°C
re.Ohr
li.Ohr
präoperativ
10
20
Tage nach Durchtr. des N. VIII re.

Abb. 39

B Kasuistische Beispiele

Am Beispiel von zwei reinrassigen Perbright-Meerschweinchen sollen zwei Einzelfälle aus dem Kollektiv untersuchter und operierter Tiere geschildert werden.

1. Fall 2: Das Perbright-Meerschweinchen Nr. 352

12. 2. Das Basiskalorigramm wird erhoben.

13. 2. Einmalige Gabe von 0,2 mg Fortecortin in 0,5 ml Lösung.

14. 2. Operative Durchtrennung des achten Hirnnerven rechts. Das Tier wiegt 430 g. Es wird daher mit 1,7 ml einer 25%igen Urethanlösung narkotisiert. Die Narkose wird während der Operation mit Äther unterstützt. Nach der Operation wird dem Tier 0,1 mg Lasix, 0,5 mg Effortil und 0,2 mg Fortecortin intramuskulär injiziert.

Am 15., 16., 17., 18. und 19. Februar wird jeweils eine Tagesdosis von 0,2 mg Fortecortin appliziert.

24. 2. Das erste postoperative Elektronystagmogramm wird 10 Tage nach der Operation angefertigt. Dabei zeigt sich beidseitig eine Trommelläsion. Zunächst scheint auch das rechte Auge geschädigt zu sein, doch bessert sich der Befund in den folgenden Tagen.

5. 3. Die zweite postoperative Untersuchung findet statt.

a) Die Elektronystagmogramme:
Das Basiskalorigramm (Abb. 40 - 44)
der Spontannystagmus (Abb. 40)
Während bei der Registrierung des Spontannystagmus am rech-

ten Auge so gut wie keine Augenbewegungen aufgezeichnet werden, zeigt die Spur des linken Auges spontane Exkursionen, die zwar unruhig und teilweise zittrig, dennoch recht typische Linksschläge sind. Besonders in der linken Hälfte des Bildes sieht man relativ rhythmisch ablaufende Bewegungen, die ungefähr die gleiche Amplitude haben. Die rechte Bildseite wurde vermutlich durch Muskelpotentiale vergröbert und überlagert.

Kaltreiz linkes Ohr (Abb. 41):

Das rechte Auge deutet einen Nystagmus an. Da die Schlagrichtung wegen zu geringer Amplitude nicht eindeutig erkennbar ist, zählen wir in der Erwartungsrichtung aus. Am linken Auge sehen wir eine viel stärkere Reaktion. Frequenz und Amplitude sind ipsilateral zur Reizseite erheblich größer als kontralateral. Die Augenbewegungen sind durch feine Sakkaden überlagert und ähneln "square waves".

Warmreiz linkes Ohr (Abb. 42):

Sehr typische Sägezahnnystagmen stellen sich auf der Spur des rechten Auges das. Ihre Schlagrichtung ist abwärts, also nach links gerichtet. Die Frequenz nimmt nach rechts hin ab, gleichzeitig schwankt die Amplitude auffällig stark. In der 31. sec. deutet sich ein entgegengesetzter Rechtsschlag an. Die Reaktion läuft unzweifelhaft auch am linken Auge ab. Die Nystagmusrichtung ist ebenfalls nach links gerichtet. Die Form der Nystagmen ist aber weniger typisch. In der Mitte fallen 2 große Ausschläge nach links auf. In der dezelerierenden Phase der Nystagmusreaktion lassen sich einige Schläge parallel an beiden Augen verfolgen.

Kaltreiz rechtes Ohr (Abb. 43):

Mit großer Amplitude schlägt das rechte Auge rhythmisch

nach links. In der 20. sec. wird zur besseren Auflösung auf 25 mm/sec. Papiergeschwindigkeit umgeschaltet, so daß die Ausschläge nun breiter erscheinen.
Das rechte Auge zeigt geringere Amplituden. Die Schläge gehen gleichförmig und rhythmisch nach links. Nach Umschaltung auf die höhere Schreibgeschwindigkeit werden die flachen Auslenkungen leider so gespreizt, daß sie kaum oder gar nicht mehr erkannt werden können.
Warmreiz rechtes Ohr (Abb. 44):
Wiederum reagiert das rechte Auge mit schwächerer Amplitude und Frequenz, Rechtsnystagmen sind zwar nur angedeutet, aber dennoch auswertbar.
Am linken Auge läuft die Reaktion unregelmäßig, aber sehr viel stärker ab. Augenzittern gibt der Kurve einen zerstükkelten Verlauf, wobei die Aufwärts- (Rechts-)tendenz links deutlich zu sehen ist. Weiter rechts durchbrechen einige Linksausschläge die Aufwärtsreaktion.
Vergleich der 4 Teilreaktionen:
In allen 4 Teilreaktionen ist ein Reizeffekt erkennbar. Stets überwiegt ein Auge in der Amplitude und in der Frequenz (Ausnahme: links 44^{o}). Die Nystagmusrichtungen fallen an beiden Augen bei allen Reizformen erwartungsgemäß aus. Bei den Kaltreizen kommt es am ipsilateralen Auge zu stärkeren Reaktionen, die auch höher frequent ablaufen als die Warmreaktionen. Die Warmreaktionen zeigen sich deutlicher kontralateral.
Elektronystagmogramm 10 Tage nach operativer Durchtrennung des rechten Nervus statoacusticus (Abb. 45 - 49):
Nach der Operation vermuten wir, daß die Reaktionen auf Reize im rechten Ohr ausbleiben.
Der Spontannystagmus ist an beiden Augen nicht sicher. Die großen Ausschläge, die vereinzelt auftreten, lassen eher

an Muskelpotentiale denken, da ihre Amplitude sehr groß ist und mit beobachtbaren Kopfbewegungen des Tieres während des Versuchs zusammenfällt.
Der Kaltreiz am linken Ohr zeigt besonders deutlich ipsilateral einen kleinschlägigen, ziemlich rhythmischen Rechtsnystagmus, dessen Abklingen auf der rechten Hälfte der Kurve zu sehen ist. Dort deuten sich auch schon weiche Linksbewegungen an. Das rechte Auge reagiert hingegen schwächer und weniger deutlich. Der Eindruck entsteht, daß der gleiche Rhythmus besteht, sich aber nicht darstellen kann, da die innervierende Kraft nicht genügt. In der Mitte ein typisches Bild, wie es durch störende Bewegungen des Tieres hervorgerufen wird.
Die Warmreaktion nach Reiz links zeigt ein sehr unterschiedliches Bild. Feinschlägige Linksbewegungen sind von großen Zeigerausschlägen unterwandert. In der Mitte des Bildes sehen wir große, sägezahnartige Exkursionen, die nach links gerichtet sind.
Bei kaltgereiztem rechten Ohr zeigen beide Augen "Zitterbewegungen" nach links und nach rechts. Ob die Unterbrechung des 8. Hirnnerven erfolgreich war, läßt sich nicht sicher sagen. Die Ausprägung des Nystagmus ist undeutlicher als nach Kaltreizung des linken Ohrs. Hier zwar nicht erkennbar ist das Kalorigramm auf der gesamten Länge zitterig und unsicher, es könnte sich daher auch um Nachwirkungen der vorher ausgeführten Spülungen des linken Ohrs handeln.
Die Warmreizung rechts scheint in dieser Kurve doch eine Nystagmusreaktion anzudeuten. Die Schlagrichtung geht teils nach rechts, teils nach links. Auch hier sind möglicherweise unklare Störfaktoren vorhanden, da die Kurve von Spülbeginn bis Registrierende ähnliche "Zitterbewegungen" aufweist.

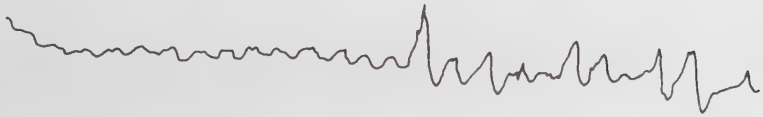
Elektronystagmogramm 20 Tage postoperativ (Abb. 50 - 54):
Hier sieht man ein recht typisches Bild eines Spontannystagmus mit divergenter Dissoziation. Besonders deutlich ist das linke Auge aufgezeichnet. Die Ausschläge haben einen etwas steileren Schenkel nach unten, einen runden Buckel und eine langsame aufsteigende Phase. Amplitude und Rhythmus sind nicht streng gleichförmig, vermitteln aber den Eindruck von Regelmäßigkeit.
Die Kaltreizung links verändert das Bild. Wieder kommt es ipsilateral zu größerer Amplitude und Frequenz. Links im Bild sieht man typische sägezahnartige Ausschläge nach rechts. Rechts neben den großen Störpotentialen erkennt man Übergänge und Überlagerungen von rechtsschlägigen Nystagmen und linkgsgerichteten Spontanbewegungen. Es handelt sich eventuell um Abschlußundulationen. Am rechten Auge sind die Nystagmen nur angedeutet, aber noch indentifizierbar.
Die Warmreizung links führt kontralateral zu deutlicheren, feinschlägigen Nystagmen, die wir als linksgerichtet interpretieren, obwohl die Ausrichtung fraglich erscheint. Das linke Auge reagiert schwächer.
Nach Kaltreiz rechts, also auf der operierten Seite, entstehen große Ausschläge, die nicht wie bei weiter oben beschriebenen Reaktionen von Zitterbewegungen oder von kleinen Nystagmen überlagert sind. Es handelt sich um Muskelpotentiale, wie wir sie oft nach Trommelfellperforationen beobachten. Dabei kommt es zu Erstickungsanfällen und heftigen Schluckbewegungen, die solche Bilder provozieren. Indentifizierbare Nystagmusschläge sind nicht vorhanden.
Nach Warmreiz rechts zeigen sich keine Veränderungen. Das Kurvenbild entspricht ungefähr dem Spontannystagmus mit 1,6 Hz nach rechts am rechten Auge und 2,3 Hz maximaler Frequenz nach links am linken Auge.

PERBRIGHTMEERSCHWEINCHEN vor Durchtren. des Nervus VIII re. (N°352)

Rechtes A.

nach
Spülbeg.
(10 mm/s)

Linkes A.

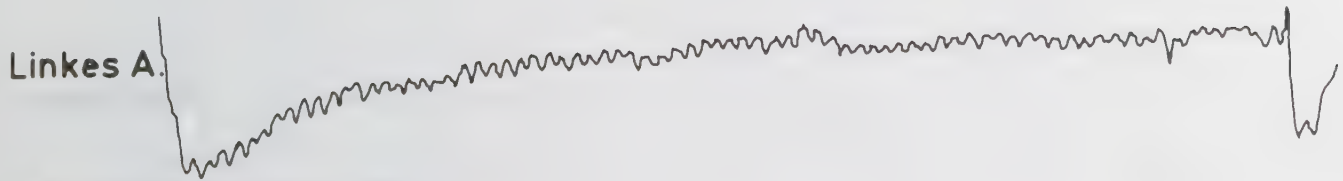


SPONTANNYSTAGMUS
Rechtsnyst. am re. A. —
Linksnyst. am li. A. 2,2 Hz

[50 µV

Abb. 40

PERBRIGHTMEERSCHWEINCHEN vor Durchtrennung des Nervus VIII re. (N°352)

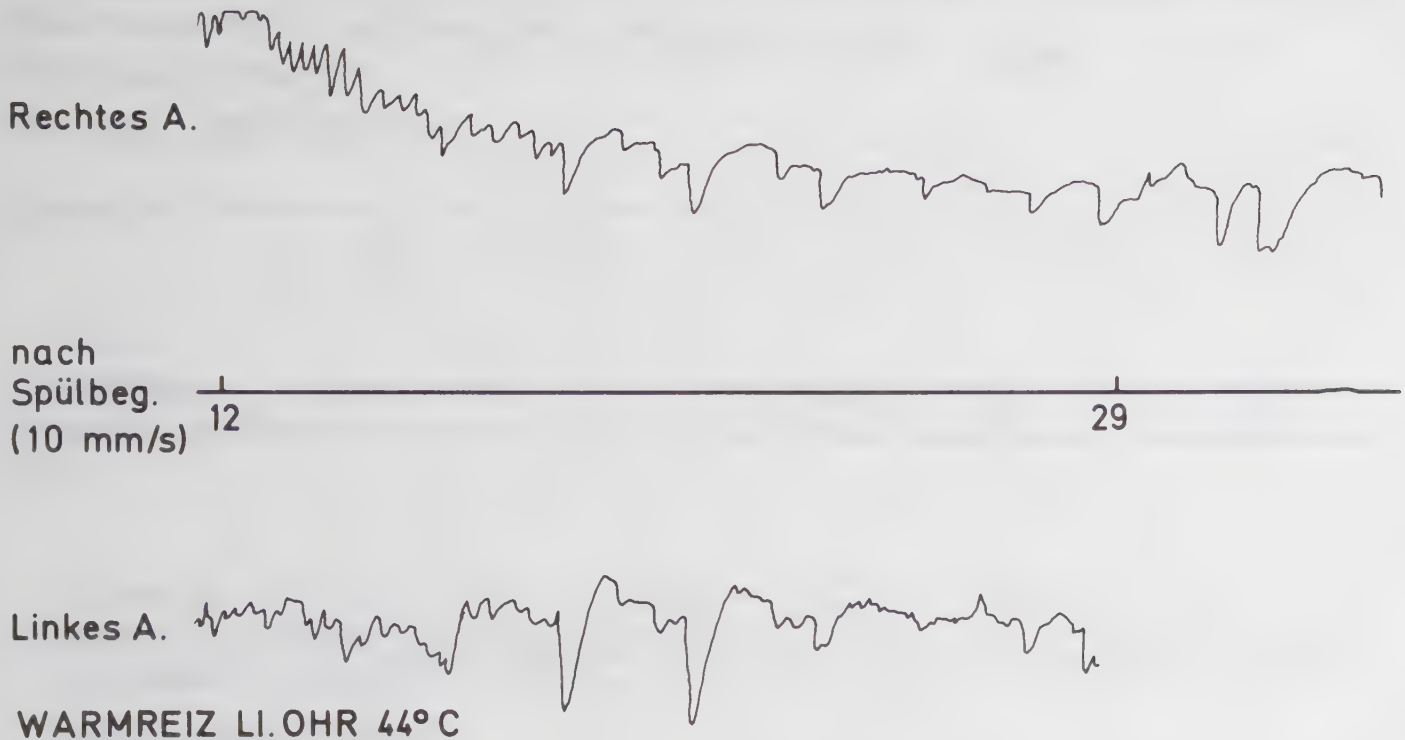


KALTREIZ LI. OHR 30°C
RECHTSNYSTAGMUS
Kumulation: re. A. 4 8Hz bei50.s; li.A. 89Hz bei29.s

[50µV

Abb. 41

PERBRIGHTMEERSCHWEINCHEN vor Durchtr. des Nervus VIII re. (N°352)

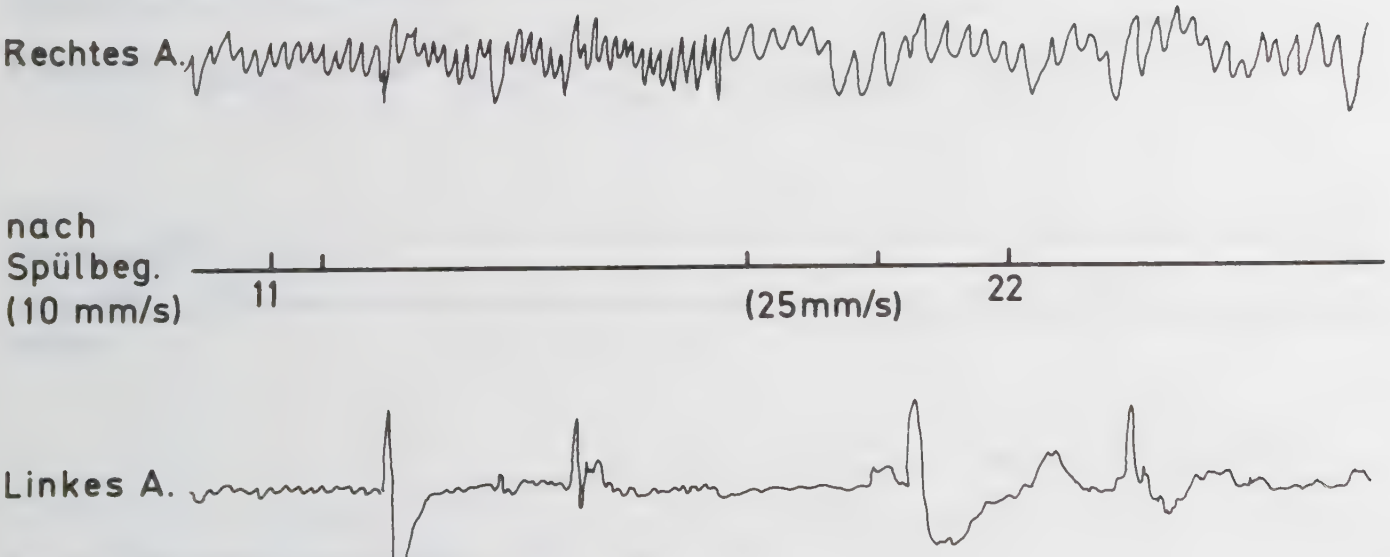


WARMREIZ LI. OHR 44° C
LINKSNYSTAGMUS
Kumulation: re. A. 2,9 Hz bei 15 s ; li. A. 3,0 Hz bei 15 s

[50µV

Abb. 42

PERBRIGHTMEERMEERSCHWEINCHEN vor Durchtrennung des Nervus VIII re.
(N°352)

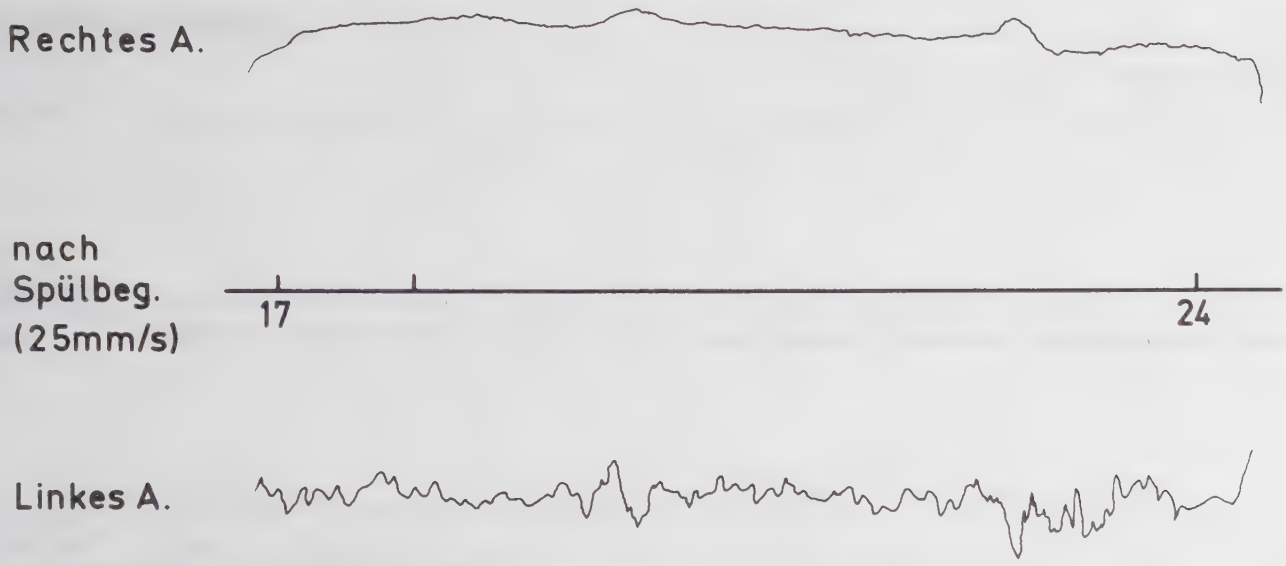


KALTREIZ RE. OHR 30°C
LINKSNYSTAGMUS
Kumulation: re.A. 7·9Hz bei 51.s; li.A. 3·7Hz bei 20·s

[50µV

Abb. 43

PERBRIGHTMEERSCHWEINCHEN vor Durchtr. des Nervus VIII re. (N°352)



WARMREIZ RE. OHR 44°C

RECHTSNYSTAGMUS

Kumulation: re. A. 2·7 Hz bei 18·s

li. A. 4.8 Hz bei 17·s

[50µV

Abb.44

PERBRIGHTMEERSCHW. 10 Tage nach Durchtr. des Nervus VIII re. (N° 352)

Rechtes A.

nach
Spülbeg.
(10 mm/s)

Linkes A.

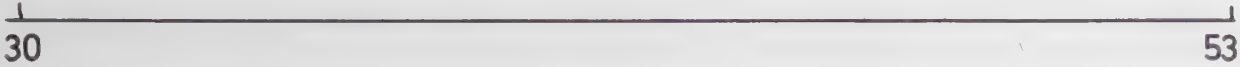
SPONTANNYSTAGMUS

Kumulation: Rechtsnystag. am re. A. 0.4Hz
Linksnystagmus am li. A. 0.4Hz

Abb. 45

PERBRIGHTMEERSCHWEINCHEN 10 Tage nach Durchtr. des Nervus VIII re.
(N°352)

nach
Spülbeg.
(10 mm/s)

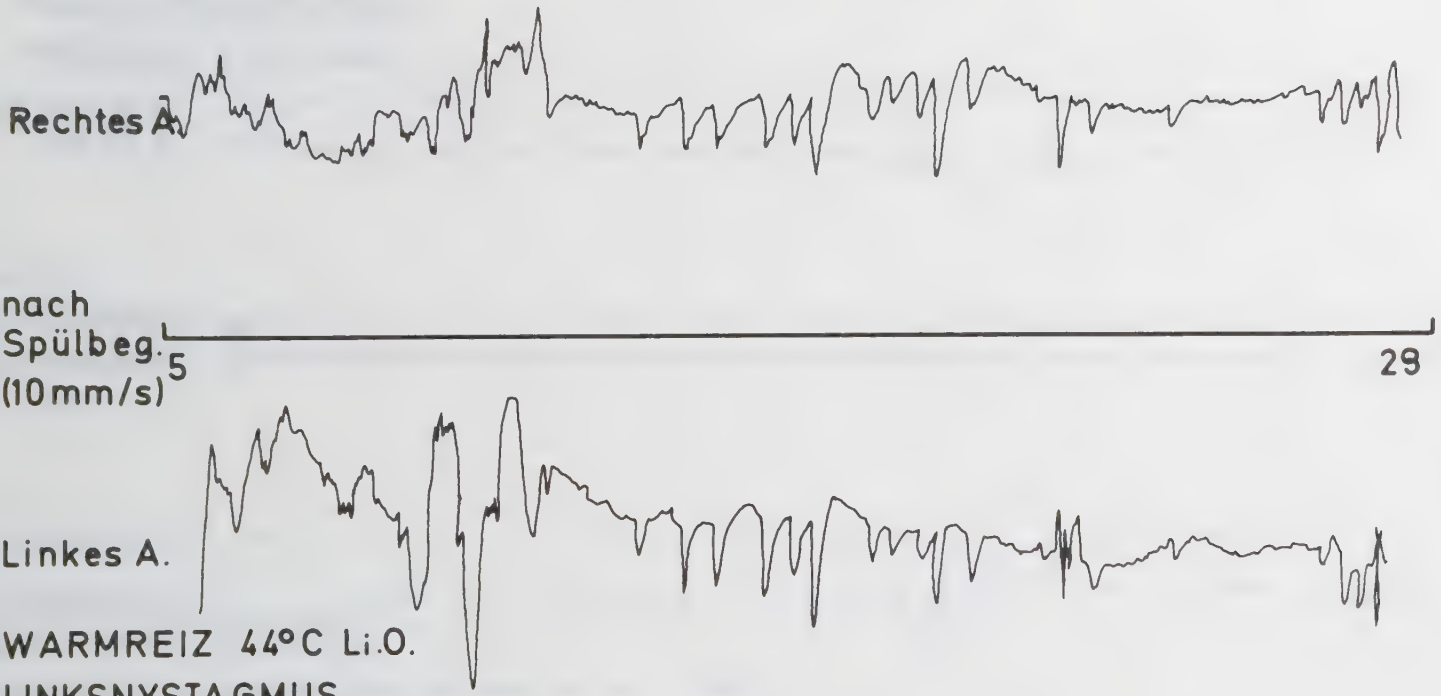


KALTREIZ Li.O. 30°C
RECHTSNYSTAGMUS
Kumulation: re. A. 4,0 Hz bei 15.s
li. A. 6 6 Hz bei 35.s

50µV

Abb. 46

PERBRIGHTMEERSCHWEINCHEN 10Tage nach Durchtr. des Nervus VIII re.
(N°352)



WARMREIZ 44°C Li.O.
LINKSNYSTAGMUS
Kumulation: re. A. 5,3Hz bei 10·s
li. A. 2,4Hz bei 10·s

t 50µV

Abb.47

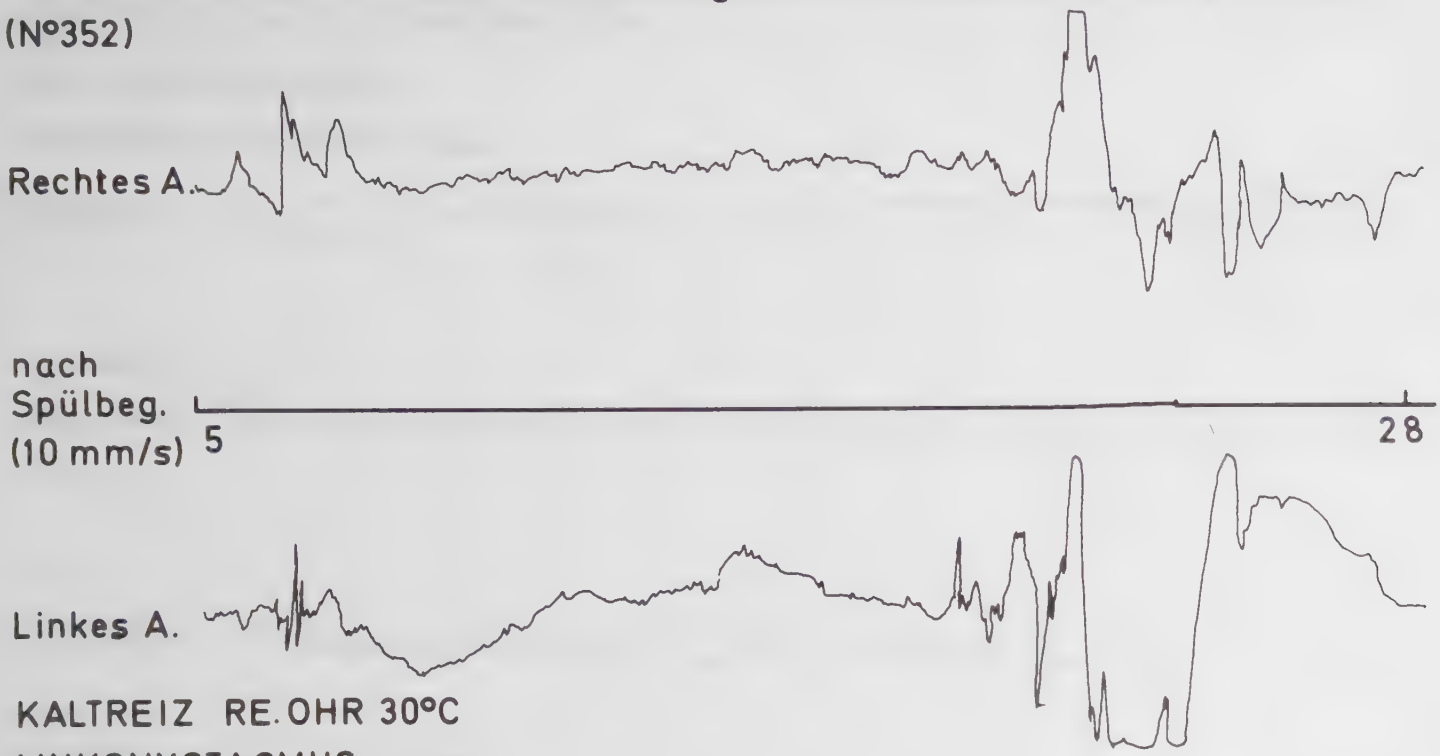
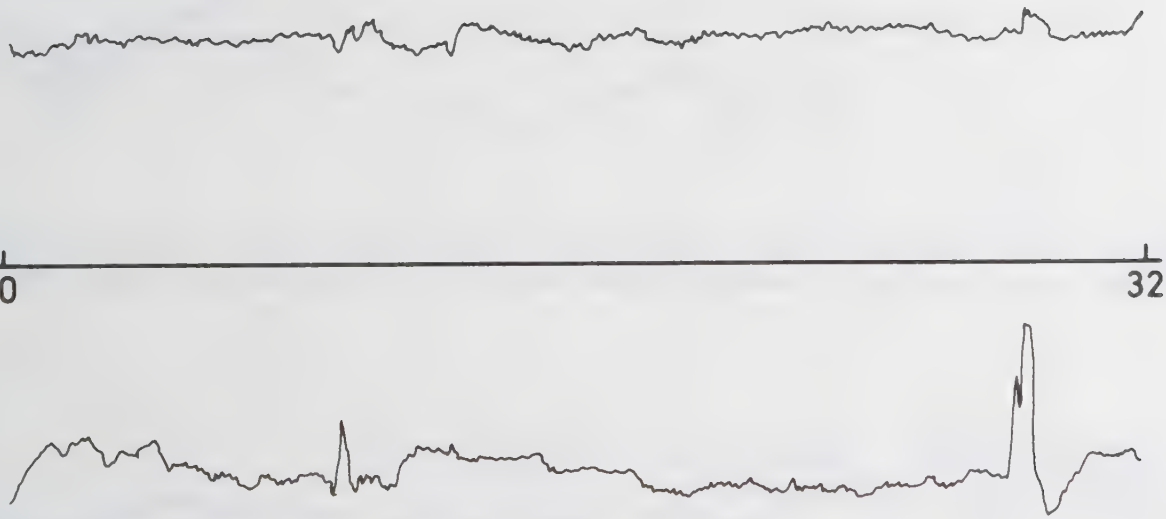

PERBRIGHTMEERSCHWEINCHEN 10 Tage nach Durchtr. des Nervus VIII re.
(N°352)
Rechtes A.
nach
Spülbeg.
(10 mm/s)
5
28
Linkes A.
KALTREIZ RE. OHR 30°C
LINKSNYSTAGMUS
Kumulation: re. A. 1,4 Hz bei 10·s
li. A. 20 Hz bei 60·s
50 µV

Abb. 48

PERBRIGHTMEERSCHWEINCHEN 10 Tage nach Durchtr. des Nervus VIII re.
(N°352)

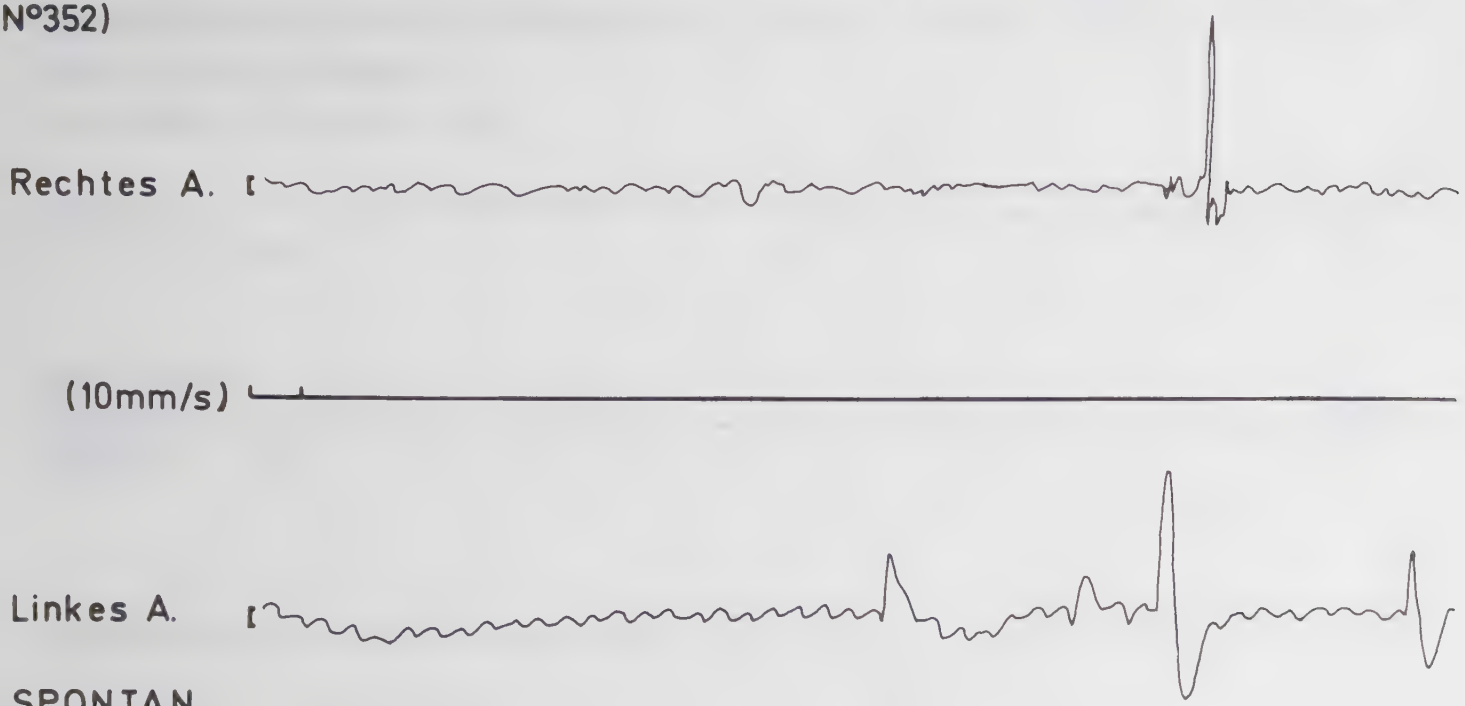


WARMREIZ RE. OHR 44°C
RECHTSNYSTAGMUS
Kumulation: re. A. 2,5 Hz bei 60 s
li. A. —

≤50 µV

Abb. 49

PERBRIGHTMEERSCHWEINCHEN nach Durchtr. des Nervus VIII re. (nach 20 Tagen)
(N°352)

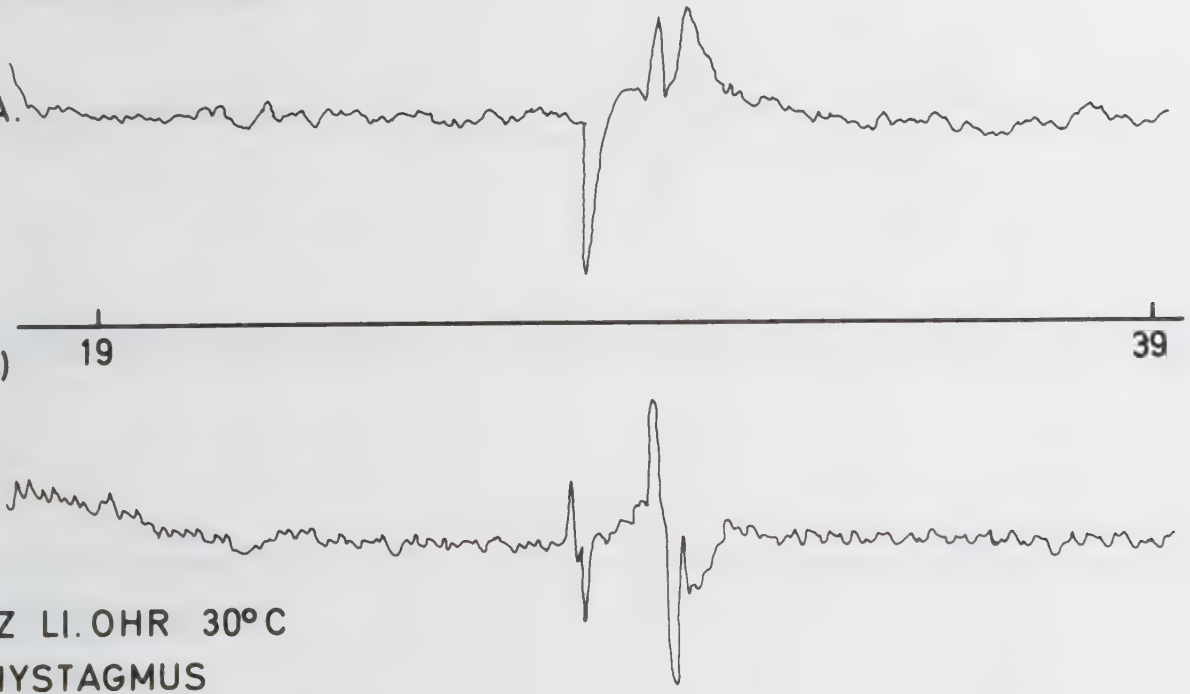


SPONTAN
Rechtsnyst. am re. A.: 2,2 Hz
Linksnyst. am li. A. : 2,2 Hz

50µV

Abb. 50

PERBRIGHTMEERSCHWEINCHEN 20 Tage nach Durchtren. des Nervus VIII re.
(N°352)

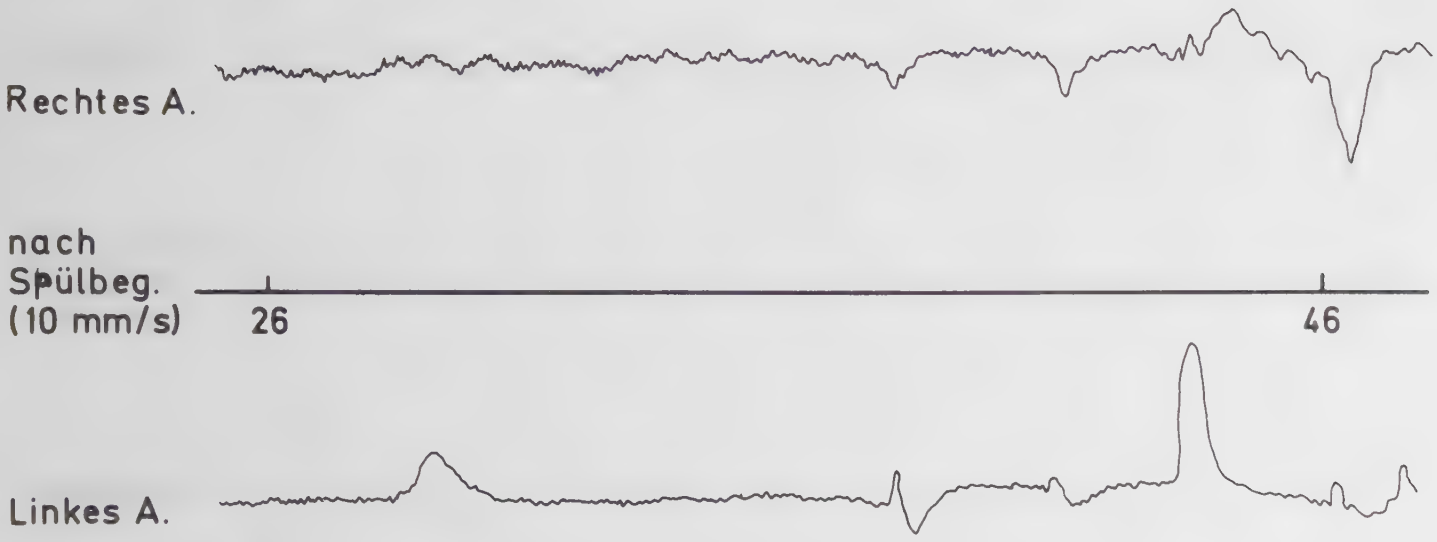


KALTREIZ LI. OHR 30°C
RECHTSNYSTAGMUS
Kumulation: re. A 2.6 Hz bei 25.s
li. A. 3.5 Hz bei 25.s

50µV

Abb. 51

PERBRIGHTMEERSCHW. 20 Tage nach Durchtr. des Nervus VIII re. (N°352)



WARMREIZ LI.OHR 44°C
LINKSNYSTAGMUS
Kumulation: re. A. 6.1 Hz bei 30·s
li. A. 5.7 Hz bei 30·s

⌊50µV

Abb. 52

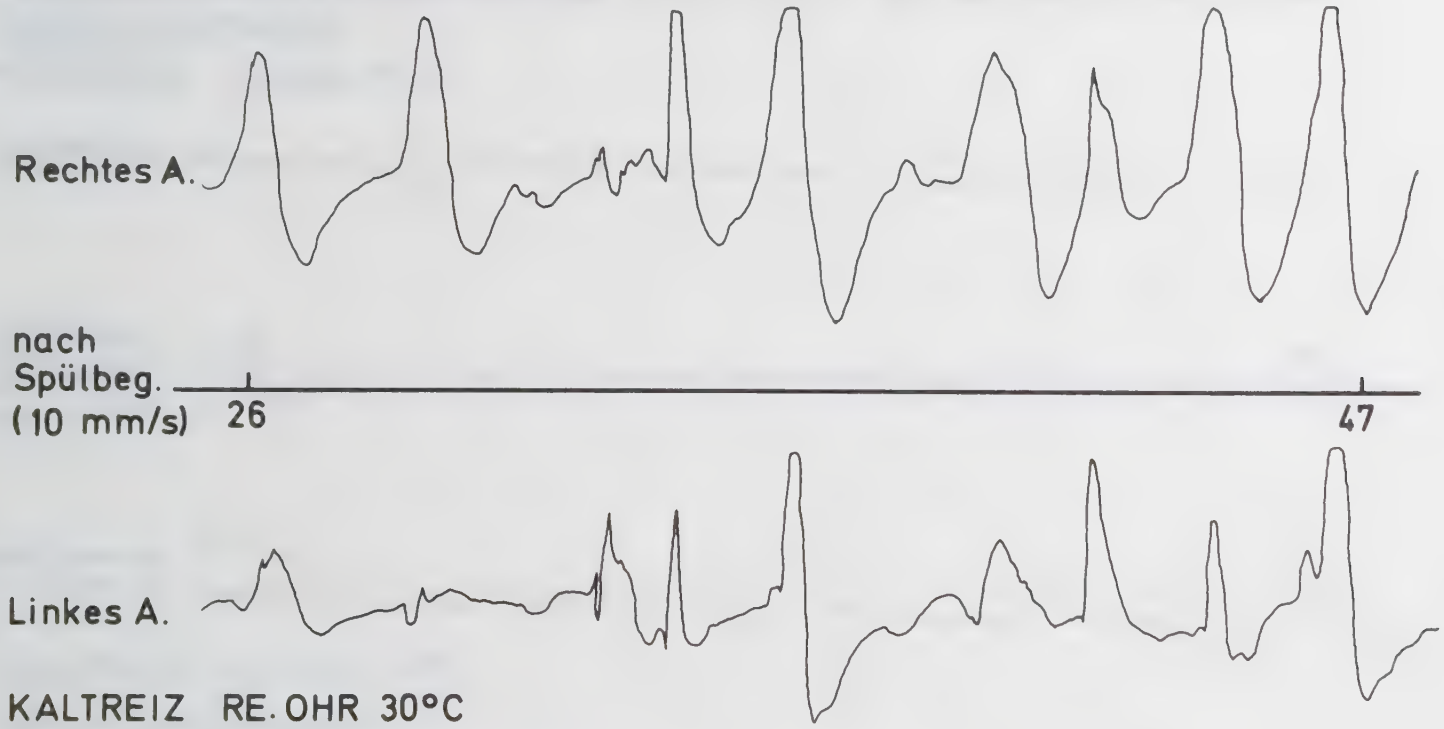

PERBRIGHTMEERSCHW. 20 Tage nach Durchtr. des Nervus VIII re. (N°352)
Rechtes A.
nach
Spülbeg.
(10 mm/s)
26
47
Linkes A.
KALTREIZ RE. OHR 30°C
LINKSNYSTAGMUS
Kumulation: re.A.— Hz
li.A. 1.1Hz bei 65.s
50uV

Abb. 53

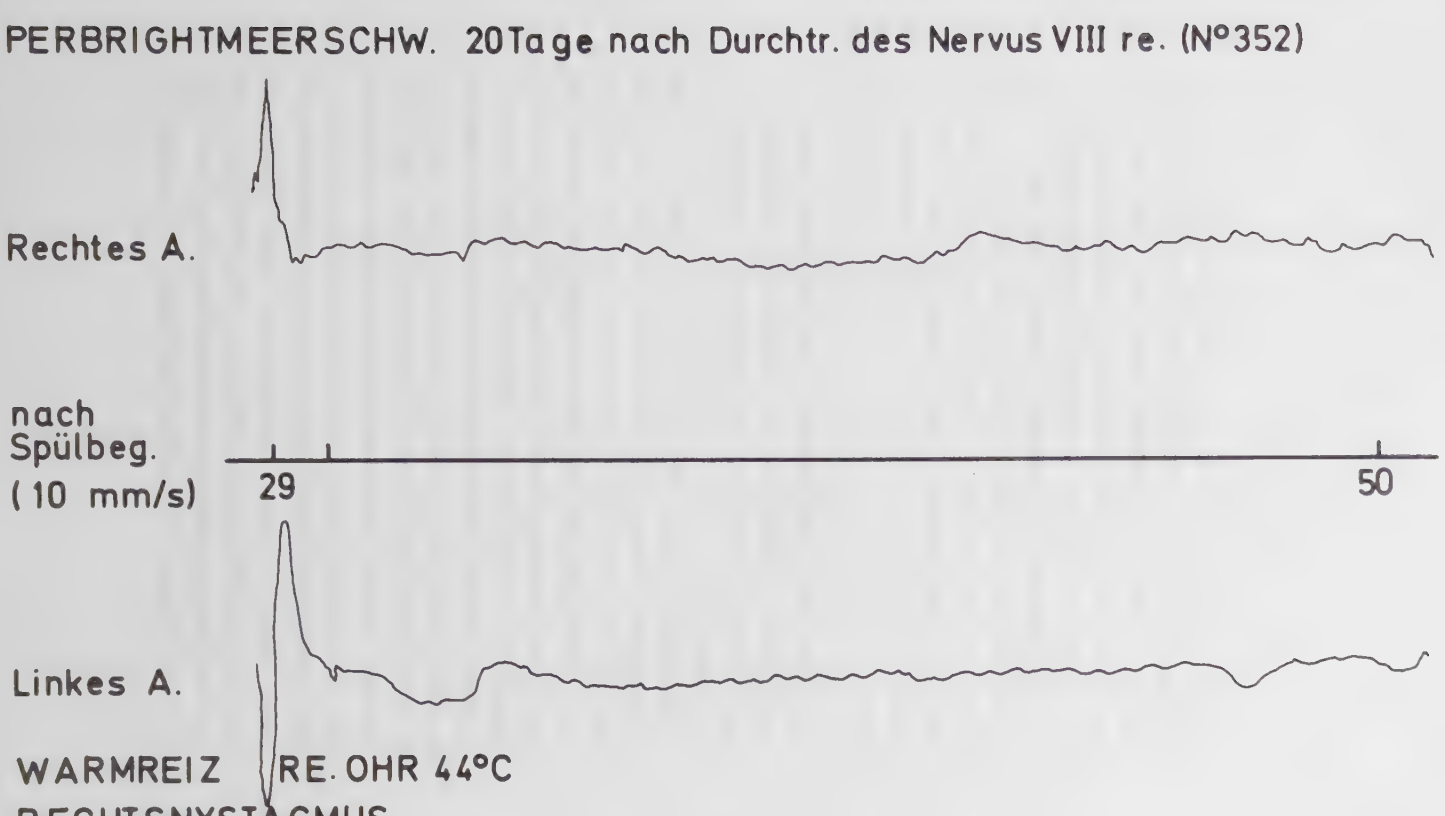

PERBRIGHTMEERSCHW. 20Tage nach Durchtr. des Nervus VIII re. (N°352)
Rechtes A.
nach
Spülbeg.
(10 mm/s)
29
50
Linkes A.
WARMREIZ RE. OHR 44°C
RECHTSNYSTAGMUS
Kumulation: re. A. 1·6 Hz bei 30.s
li: A.—
50 µV

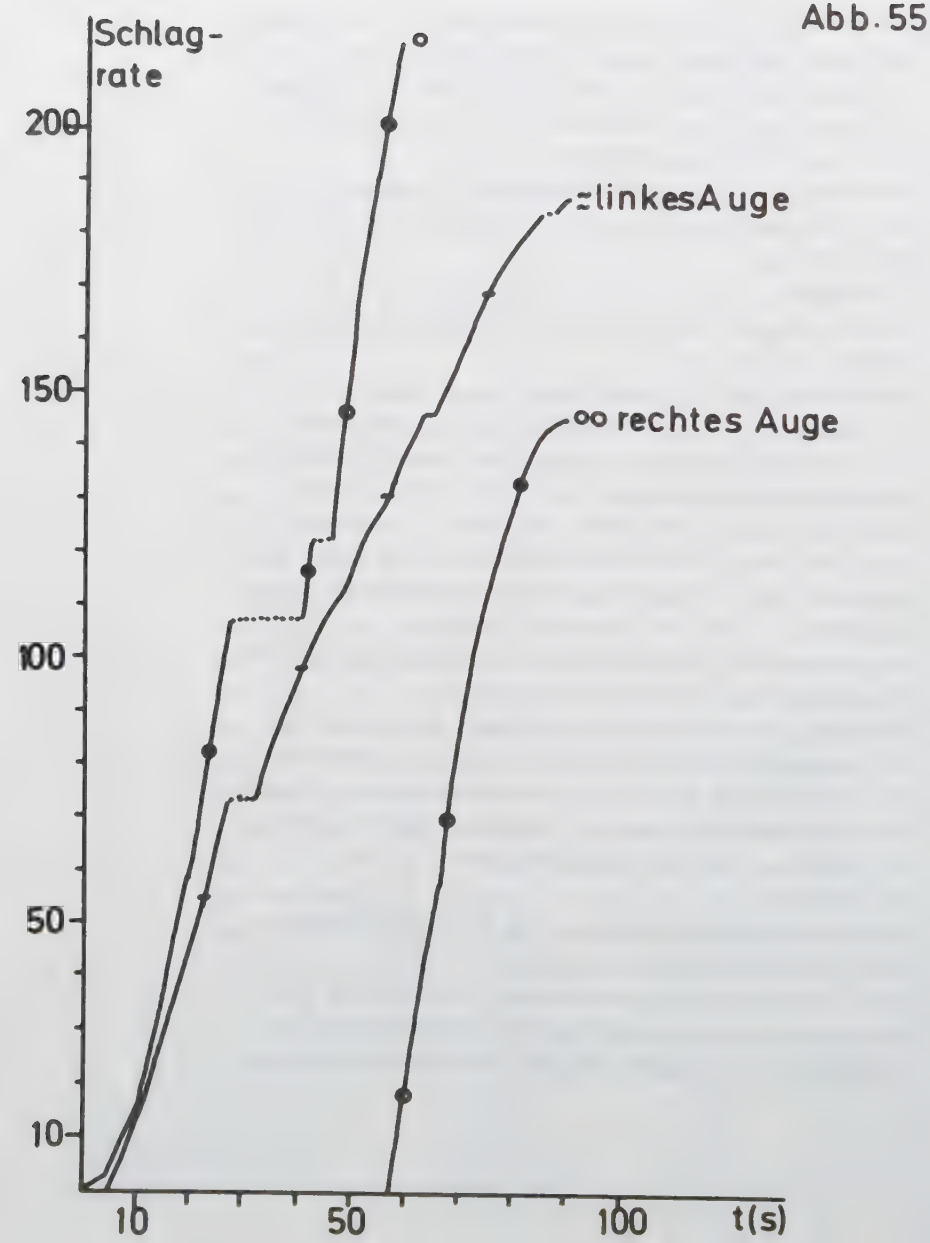
Abb. 54

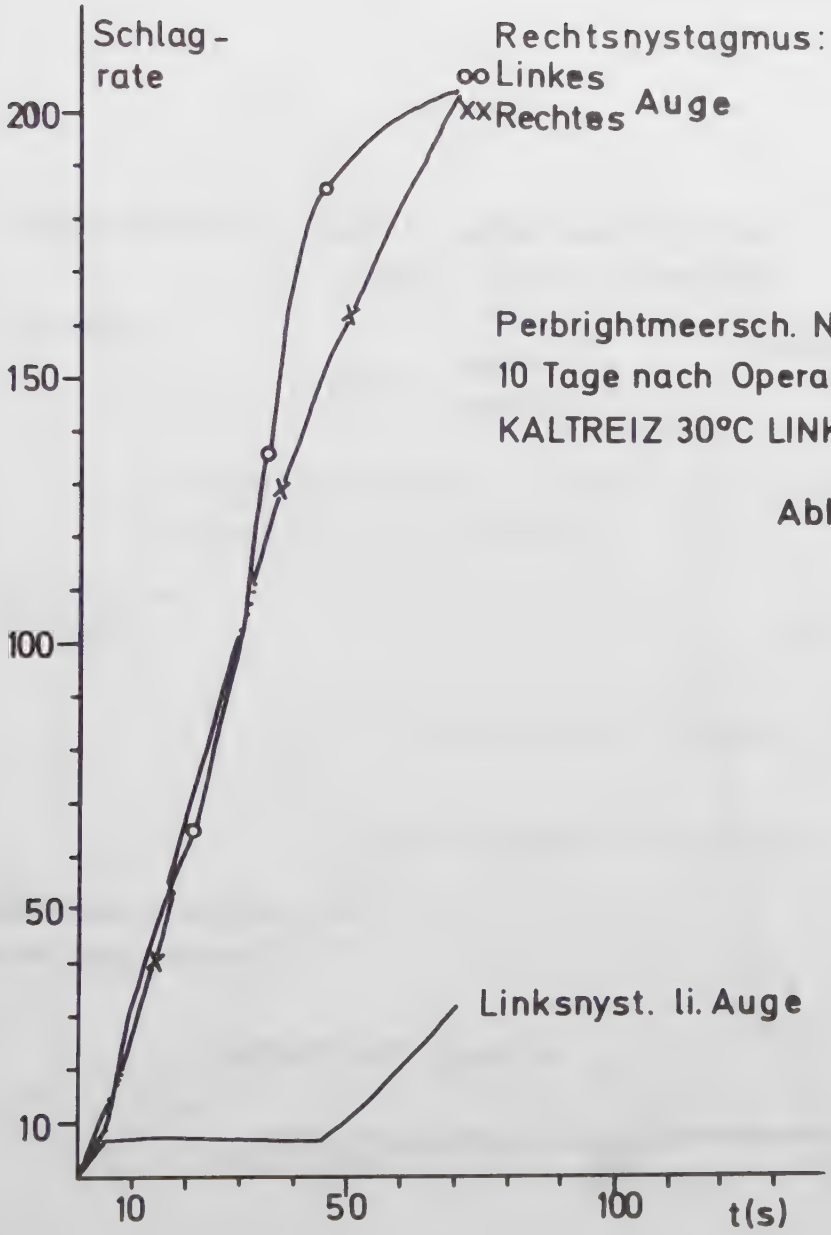
b) Beispiele von Reaktionskennlinien (Abb. 55 - 58):
Die Reaktionskennlinien sind in Schlagraten-Zeitdiagramme eingetragen. Die jeweils während 5 sec. bzw. 2 sec. ausgezählten Frequenzen werden nacheinander so eingezeichnet, daß sie sich dem vorausgehenden Werten addieren. Es entsteht so eine Reihe von Punkten, die nach rechts oben strebt. Im Idealfall entsteht nach Verbinden der Punkte miteinander eine S-Kurve. Wir erwarten nämlich nach einem Thermoreiz einen anschwellenden Nystagmus, der nach der Kulmination wieder auf die Steigung des Spontannystagmus abfällt.
Da in den Elektronystagmogrammen Störungen in der Ableitung oder Muskelpotentiale öfters zu unauswertbaren Kurvenabschnitten führten, stellen wir diese als horizontale gepunktete Linie dar, die in der Länge der gestörten Zeit entspricht.
1. Beispiel:
Präoperative Kaltreizung des rechten Ohres Tier Nr. 352 (Abb. 55)
Das rechte Auge zeigt keine Rechtsnystagmen, sie können daher nicht eingetragen werden. So werden nur die Linksnystagmusdynamiken des rechten Auges (durch ein oo gekennzeichnet) und des linken Auges (durch ein ∼ gekennzeichnet) gezeichnet.
Da die Kurve für das rechte Auge in der Höhe nicht auf das Diagramm paßt, muß sie in der 58. sec. unterbrochen werden. Wir setzen sie bei Schlagrate 0 in der 58. sec. fort. Zu Beginn verläuft die Kurve des rechten Auges noch flach und gewinnt dann zunehmend an Steigung. Zwei unauswertbare (.....) Abschnitte unterbrechen sie. In der 51. sec. wird das Steigungsmaximum mit 7,9 Hz erreicht. Von der 75. sec. an nimmt die Steigung deutlich ab, bis sie fast auf 0 absinkt.

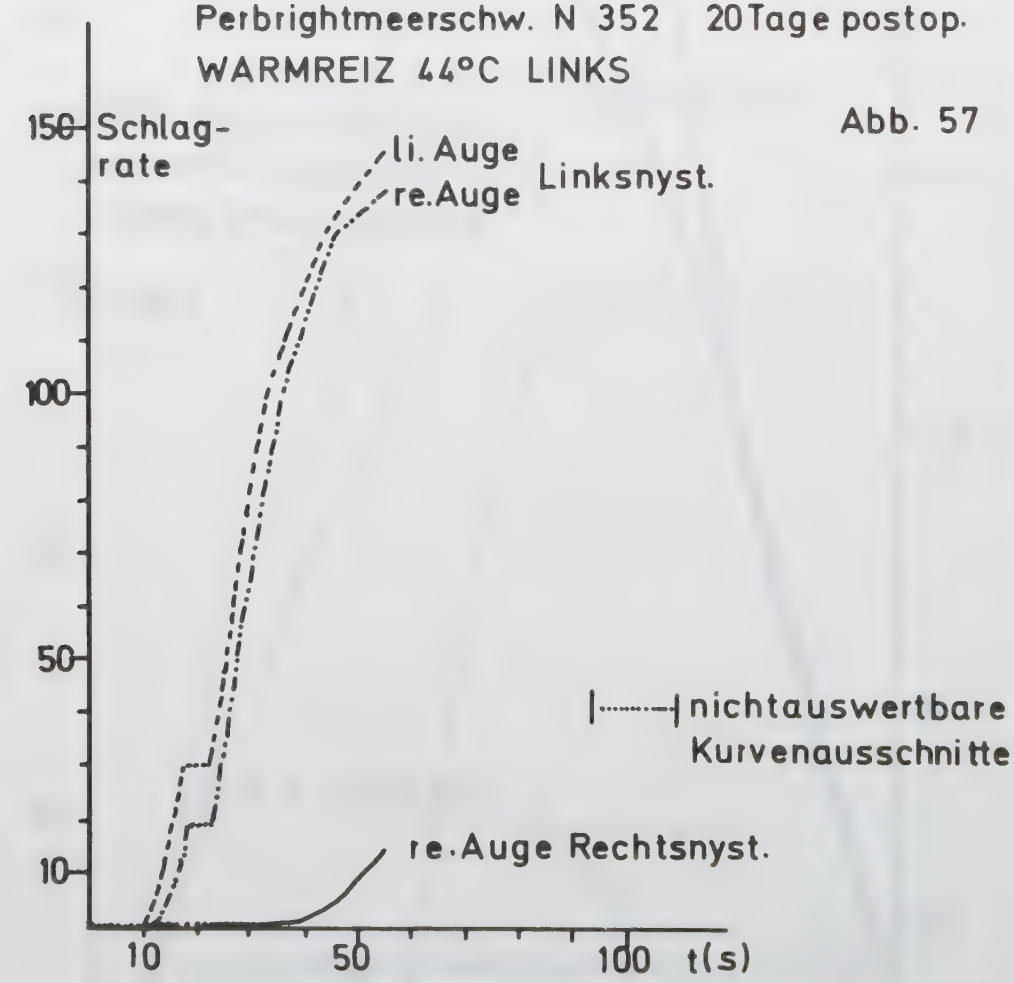
Für das linke Auge zählen wir ungefähr halb so viele Schläge wie für das rechte Auge. Die Kurve verläuft daher flacher. Die maximale Steigung wird mit 3,7 Hz in der 20. sec. erreicht. Der Kurvenverlauf wird durch 3 kleinere unauswertbare Abschnitte unterbrochen.
Insgesamt zeigen beide Augenkurven einen S-förmigen Verlauf. Das Auge auf der Rezeptorseite schlägt aber häufiger und schneller.
2. Beispiel:
Reaktionsdynamik auf Kaltreiz links 10 Tage nach Operation Tier Nr. 352 (Abb. 56)
Aufgetragen sind drei Kurven: der Rechtsnystagmus des rechten Auges (XXX), der Rechtsnystagmus des linken Auges (oo) und der Linksnystagmus des linken Auges (ohne Kennzeichen als durchgezogene Linie). Hier erreichen beide Augen eine gleiche Schlagsumme nach rechts. Die Dynamik des linken Auges zeigt aber deutlicher eine S-Form, da der Rechtsnystagmus an diesem Auge dem Spontannystagmus entgegengesetzt ist. Für das linke Auge stellen wir eine Kulmination von 6,6 Hz in der 35. sec., für das rechte Auge eine Kulmination von 4 Hz in der 15. sec. fest.
Sobald die Reaktion nach rechts abnimmt, kommt es am linken Auge erneut zu Linksschlägen. Die Kurve steigt wieder an, nachdem zuvor der spontane Linksnystagmus dieses Auges völlig unterdrückt worden war. Maximale Frequenz 1,2 Hz in der 60. sec.. Die Auswertungsdauer beträgt 70 sec..
3. Beispiel:
Reaktionsdynamik auf Warmreiz links 20 Tage nach Operation Tier Nr. 352 (Abb. 57)
Die Linksnystagmen des linken Auges (---) und des rechten Auges (-..-..) zeigen typische S-förmige Reaktionskennlinien, die zu Beginn und nach 20 sec. durch unauswert-

Perbrightmeerschw. N°352 präoperativ
KALTREIZ RECHTS
LINKSNYSTAGMUS

Abb. 55




Schlag-
rate
200
150
100
50
10
Rechtsnystagmus:
∞ Linkes
xx Rechtes Auge
Perbrightmeersch. N.° 352
10 Tage nach Operation
KALTREIZ 30°C LINKS
Abb. 56
Linksnyst. li. Auge
10
50
100
t(s)


Perbrightmeerschw. N 352 20Tage postop.
WARMREIZ 44°C LINKS
Abb. 57
150
Schlag-
rate
100
50
10
li. Auge
re.Auge
Linksnyst.
nichtauswertbare
Kurvenausschnitte
re.Auge Rechtsnyst.
10
50
100
t(s)

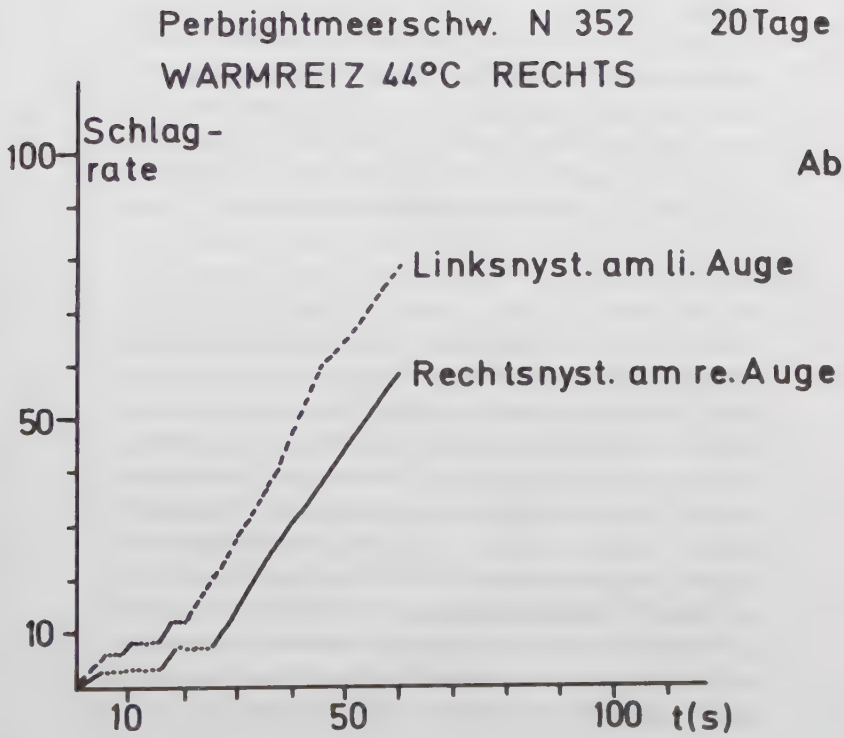

Perbrightmeerschw. N 352 20 Tage postop.
WARMREIZ 44°C RECHTS
Schlag-
rate
100
50
10
Linksnyst. am li. Auge
Rechtsnyst. am re. Auge
10
50
100
t(s)

Abb. 58

bare Abschnitte (horizontal .....) unterbrochen sind. Maximale Frequenz am linken Auge 5,7 Hz in der 30. sec. und am rechten Auge 6,1 Hz in der 30. sec.
Die Kurvenverläufe fallen durch ihre Parallelität auf. Während des linke Auge nach der 45. sec. spontan weiter nach links schlägt, fällt das rechte Auge ab. Gleichzeitig kommt an diesem Auge der Rechtsnystagmus (____) (max. 1,5 Hz in der 50. sec.) wieder zum Vorschein.
4. Beispiel:
Reaktionsdynamik auf Warmreiz rechts 20 Tage nach Operation Tier Nr. 352 (Abb. 58)
Während der Spüldauer sind die Kurven mehrfach von nicht auszählbaren Ausschnitten unterbrochen. Das linke Auge schlägt nach links (max. 2,3 Hz in der 40. sec.), das rechte Auge nach rechts (max. 1,6 Hz in der 30. sec.). Die Kurven verlaufen mehr oder weniger geradlinig und parallel, ein Zeichen für den Operationserfolg.

c) Die Schmetterlinge des Perbright-Meerschweinchens Nr. 352 (Abb. 59 - 62):
Im Kapitel II, 4 wird das Schema der Schmetterlingskennlinien ausführlich dargestellt. Um die Schmetterlingsmuster der Datenverarbeitung zugänglich zu machen, werden sie mittels eines trinären Codes beschrieben. Jeder Quadrant enthält einen keilförmigen Normbereich, der das Feld dreiteilt. Liegt die Kennlinie im Normbereich, wird die Reaktion mit Null bezeichnet. Eine übernormale, sogenannte enthemmte Reaktion wird mit 2 (zwei) gekennzeichnet; eine unternormale, sogenannte gehemmte mit 1 (eins).
Die Zahlen werden zu vierstelligen Codenummern zusammengestellt, und zwar in der Reihenfolge rechts warm, rechts kalt, links warm und links kalt. Sie entsprechen also der

Quadrantenfolge im Gegenuhrzeigersinn.
Aus den Schmetterlingsmustern erhält man nach Claussen Hinweise auf den peripheren oder zentralen Sitz einer vestibulären Störung. Periphere Störungen können vorliegen bei einseitigem Warmverlust mit Ausfallnystagmus zur Gegenseite (Codes 1000 und 0010), bei einseitiger Reaktionshemmung mit Normreaktion der Gegenseite (Codes 0011 und 1100), bei dem sogenannten kleinen Schmetterling (Codes 1111 und 0111, 1011, 1101 und 1110) und bei dem einseitigen Kaltverlust (Codes 0100 und 0001).
Für den zentralen Sitz einer Störung sprechen nach Claussen der sogenannte große Schmetterling (Codes 2222, 0222, 2022, 2202 und 2220), der bilateral asymmetrische Schmetterling mit einseitiger Über- und gegenseitiger Normfunktion (Codes 2200 und 0022), oder mit einseitiger Über- und gegenseitiger Unterfunktion (Codes 1122 und 2211), das Nystagmushemmungsrichtungsüberwiegen (Codes 1001 und 0110), das Nystagmusenthemmungsüberwiegen (Codes 2002 und 0220).

Im folgenden werden die Schmetterlingskennlinienmuster des Meerschweinchens Nr. 352 vor der Operation und 10 bzw. 20 Tage danach erläutert. Der schraffiert eingezeichnete Normbereich entspricht dem Mittelwert plus/minus der Standardabweichung, die aus den Standardkalorigrammen von 111 Meerschweinchen berechnet wurden.
Die Schmetterlinge des Perbright-Meerschweinchens Nr. 352 (Abb. 59 - 62):
Präoperativ (Abb. 59, 60)
Für das rechte Auge ergibt sich der Code 0200. Das rechte Auge ist nach ipsilateraler Kaltreizung höherfrequent als der Normbereich. Auch nach Kaltreizung links liegt die Reaktion im oberen Bereich der Norm. Die Warmreizungen

rechts wie links zeigen Kennlinien im mittleren Bereich der Norm, wobei sie rechts nur wenig über dem gestrichelt eingezeichneten Spontannystagmus liegen.
Betrachtet man den Schmetterling des linken Auges, so sieht man ein identisches Muster. Die Kennlinie der Kaltreizung links liegt etwas über der Norm, alle anderen Kennlinien befinden sich im Normbereich. Man könnte dieses Bild als ipsilaterale Warm/Kaltdissoziation nach Henriksson bezeichnen. Man sollte aber einschränken, daß die Kennlinien nur wenig über den Normbereich hinausgehen. Der Spontannystagmus ist mit 2,2 Hz sehr hoch und befindet sich daher sogar im Normbereich der Kalorigramme.
10 Tage postoperativ (Abb. 61)
Für das rechte Auge ergibt sich der Code 1100, also das Bild einer einseitigen Reaktionshemmung rechts, die auf den peripheren Sitz einer Störung hinweist. Rechts ist die Warmreaktion ausgeblieben, während die Kaltreaktion unter dem Normbereich liegt. Die Kennlinien der Linksreize liegen im Normbereich.
Das linke Auge zeigt keine Hemmungs- oder Enthemmungsreaktionen. Alle vier Kennlinien liegen normal (Code 0000). Der Spontannystagmus ist dieses Mal gering.
Der Unterschied zwischen rechtem und linkem Auge macht die Diagnose einer peripheren Störung rechts fraglich.
20 Tage postoperativ (Abb. 62)
Der Code des rechten Auges ergibt 0100. Die Kennlinie für warm rechts befindet sich im unteren Bereich der Norm und unterhalb des Spontannystagmus. Die Kaltreaktion rechts bleibt aus. Die Linksreize führen zu deutlichen Reaktionen im Normbereich.
Das linke Auge zeigt den Code 1100 und damit eine rechtsseitige periphere Hemmung.

Perbrightmeerschw. N° 352 präoper.

RECHTES AUGE

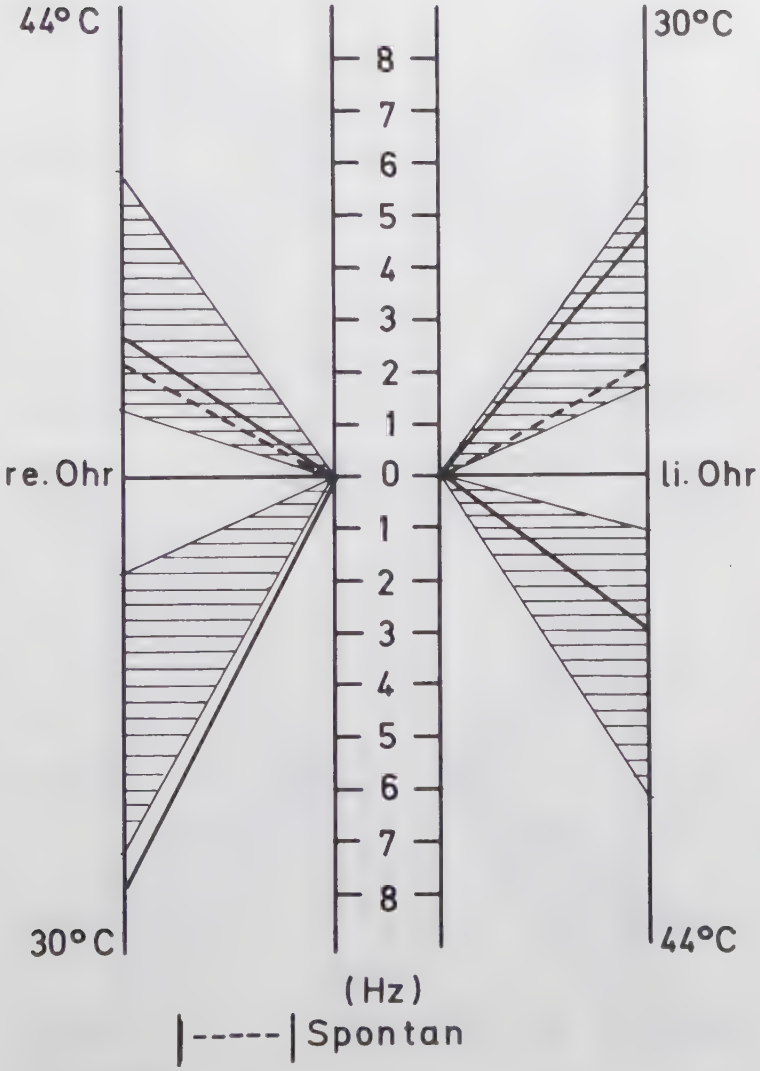


Abb. 59

Perbrightmeerschw. N° 352 präoper.

LINKES AUGE

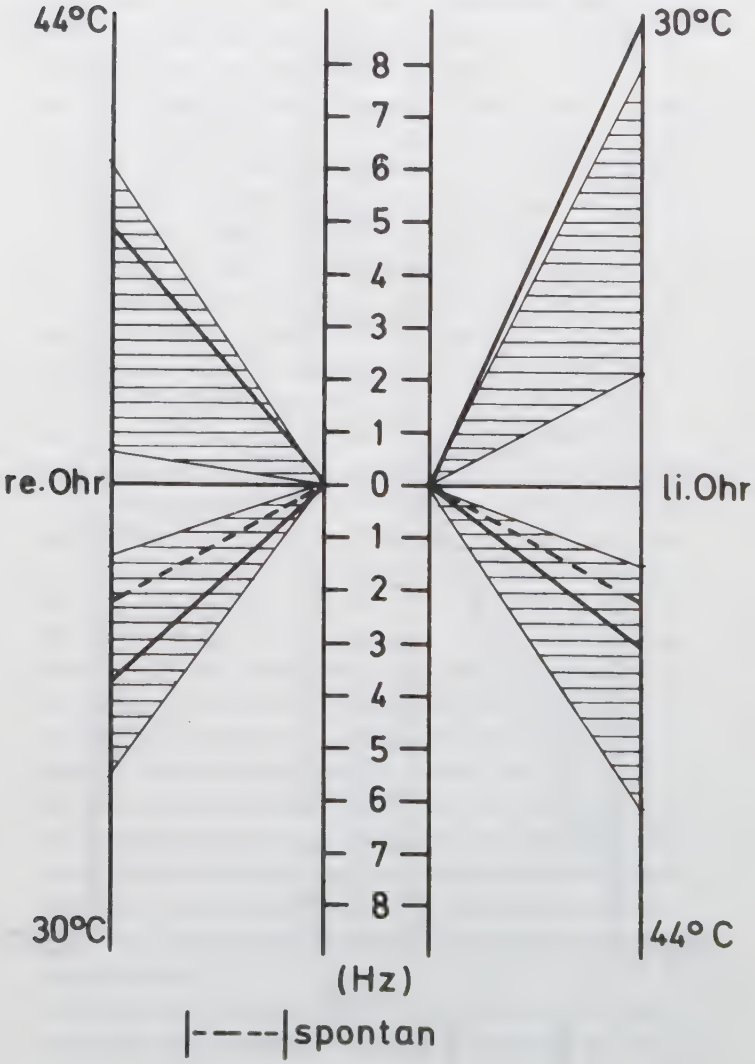
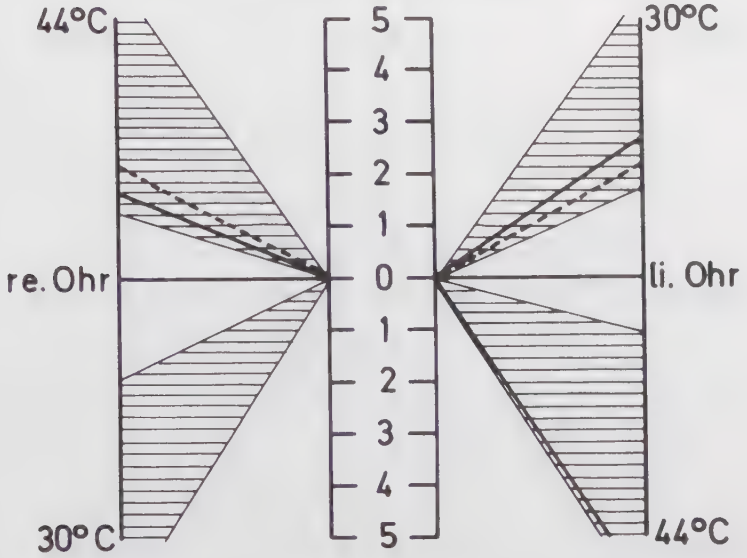


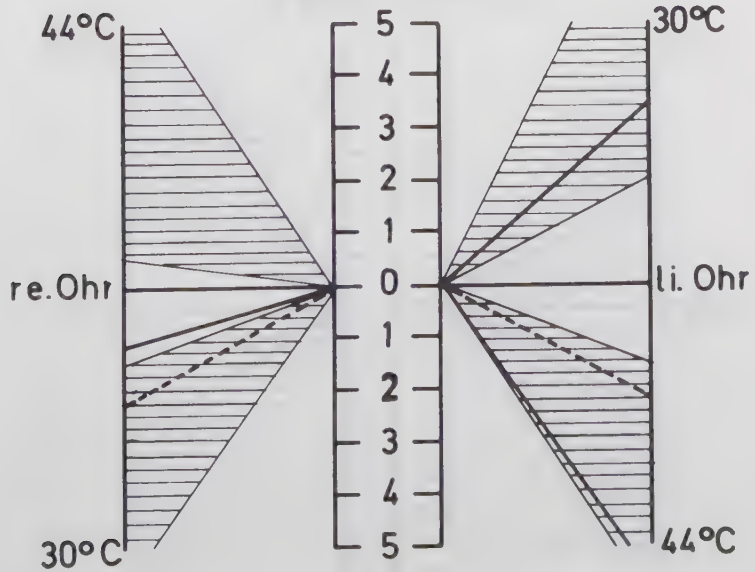
Abb. 60

Perbrightmeerschw. N° 352 20 Tage postop.

RECHTES AUGE



LINKES AUGE



------- Spontannyst.

Abb. 61

Perbrightmeerschw. 352 10 Tage nach Operation

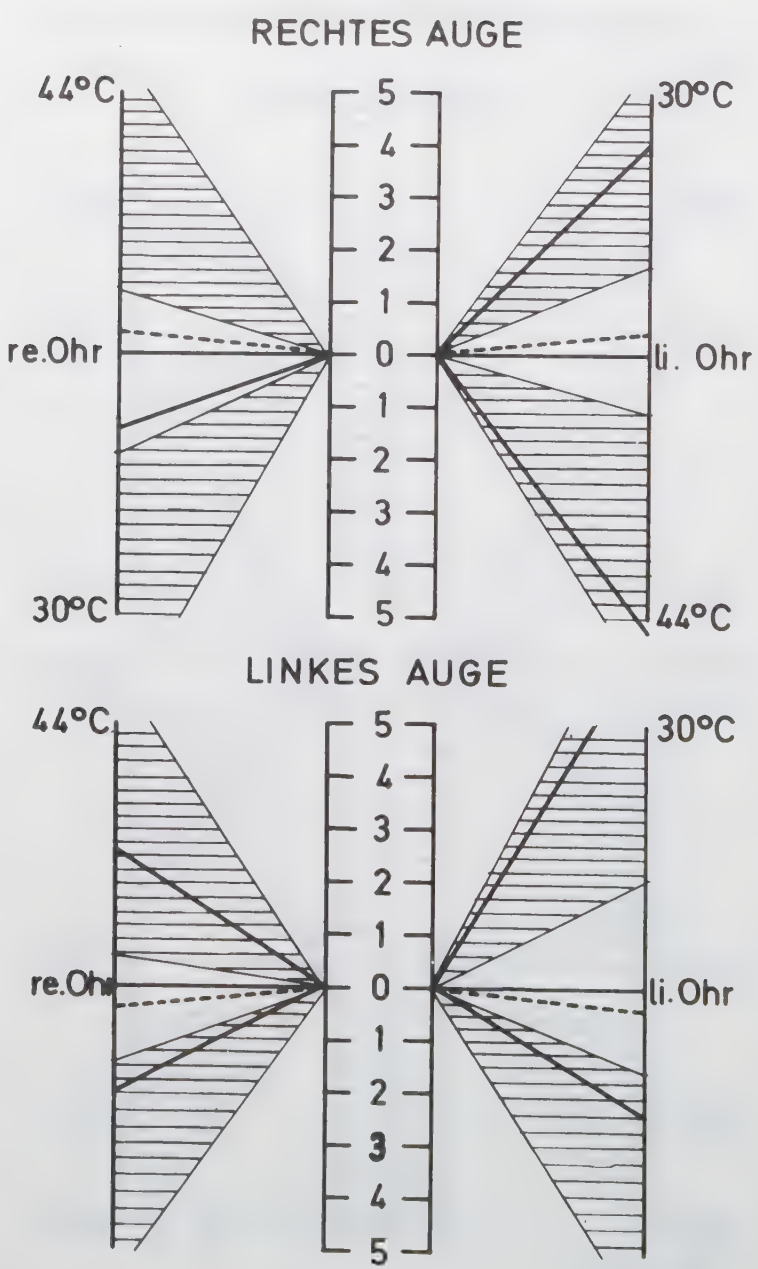


Abb. 62

Mit einiger Sicherheit darf aus diesen Kennlinienmustern auf eine periphere Störung auf der rechten Seite geschlossen werden.

2. Fall 2: Das Perbright-Meerschweinchen Nr. 350

Es handelt sich um ein männliches Tier, das vor der Operation 390 g gewogen hat. Chronologische Folge und Qualität der Untersuchungen sowie der therapeutischen Maßnahmen entsprechen den in Fall 1 beschriebenen.

Bei der ersten postoperativen Kalorisierung wird die Perforation des rechten Trommelfells festgestellt, bei der zweiten postoperativen Untersuchung die des linken.

a) Die Elektronystagmogramme:

Das Basiskalorigramm (Abb. 63 - 67)

Der Spontannystagmus (Abb. 63)

Auch beim Tier Nr. 350 zeigt sich ein untypischer Spontannystagmus. Während das rechte Auge hochfrequente uncharakteristische "Zitterbewegungen" vollführt, kommt es am linken nur zu flachen Undulationen, die nur stellenweise einen Rhythmus und eine Richtung ahnen lassen.

Kaltreiz linkes Ohr (Abb. 64):

Die Aufzeichnung gibt den Beginn und die Maximalphase des Rechtsnystagmus wieder. Auch wenn die Amplitude nur gering ist, stellt sich an beiden Augen eine etwa gleichstarke Reaktion dar. Insbesondere zu Reaktionsbeginn erlauben die deutlich abgrenzbaren Dreieckssignale mit nach oben gerichtetem kurzen Schenkel die Feststellung eines rechtsgerichteten Nystagmus.

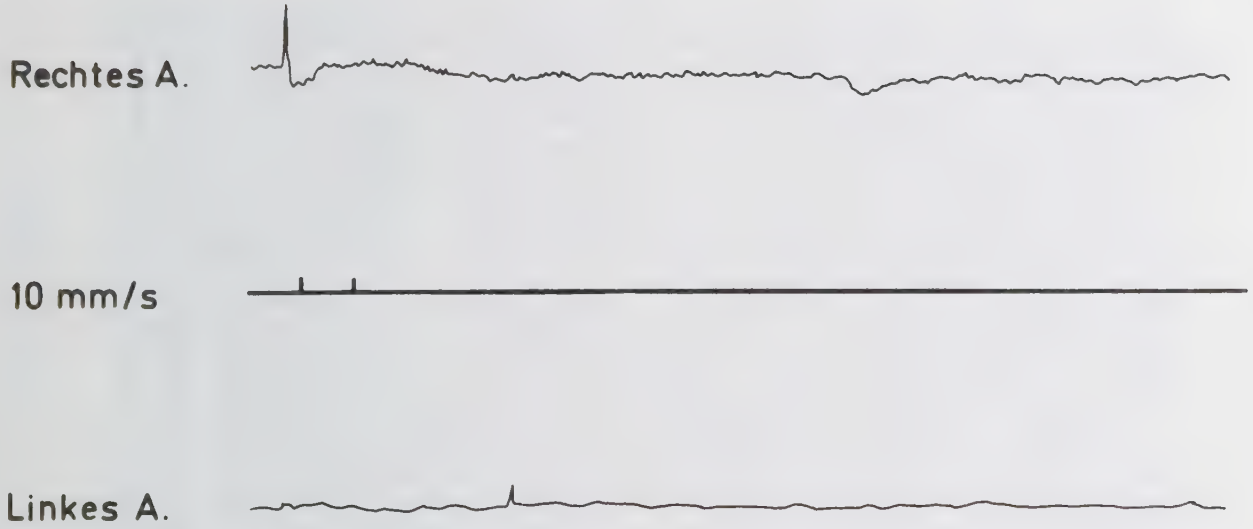
Warmreiz linkes Ohr (Abb. 65):

Während auf der rechten Bildhälfte die Augenbewegungen durch grobe Muskelpotentiale überlagert werden, stellen sich im linken Bildteil, vor allem am rechten Auge, schnelle, linksgerichtete Nystagmusschläge kleiner Amplitude dar.

Es überwiegt die kontralaterale Reaktion.
Kaltreiz rechtes Ohr (Abb. 66):
Es handelt sich um eine mustergültige Reaktion mit sehr gut erkennbarer Linksorientierung der Nystagmusschläge. Die Reizantwort überwiegt am rechten Auge, also ipsilateral. Warmreiz rechtes Ohr (Abb. 67):
Auch hier überlagern störende Muskelpotentiale die Kurven der Augenbewegungen, wodurch ein unruhiges Bild mit wechselnden Amplituden entsteht. Die Frequenz und die Amplitude des Rechtsnystagmus sind am rechten Auge stärker.
Zusammenfassung:
Ungewöhnlich ist der fast nicht vorhandene Spontannystagmus. Bei allen Reizformen kommt es zu kräftigen Reizantworten, wobei bei den Kaltreizen die ipsilaterale Seite, bei den Warmreizen die kontralaterale Seite aktiver reagiert.
Elektronystagmogramm 10 Tage nach Durchtrennung des rechten Nervus statoacusticus (Abb. 68 - 72):
Auch hier sind keine typischen spontanen Augenbewegungen erkennbar. Die Richtungen sind wechselnd, die Formen der Signale variieren zwischen Undulationen und Dreieckssignalen.
Nach Kaltreizung des nicht operierten linken Ohres kommt es an beiden Augen zu kräftigen, nach rechts gerichteten Nystagmen. Muskelpotentiale überlagern beide Kurven. Die Spur des linken Auges zeigt eine elektrische Ableitungsstörung mit Maximalausschlägen und isoelektrischer Linie. Dabei überwiegt der Nystagmus am rechten Auge.
Der Warmreiz am linken Ohr ruft einen ipsilateral deutlicheren und schnelleren Linksnystagmus hervor, der in

der linken Bildhälfte vor allem aufgezeichnet ist. Auch hier starke Muskelstörpotentiale.
Bei der Spülung des operierten rechten Ohres mit kaltem Wasser kommt es zu sehr wechselhaften Augenbewegungen, besonders rechts. Was wir am rechten Auge als "Zittern" interpretieren, läßt sich auch als Nystagmus diskutieren. Die Spur des linken Auges gibt leider keine Interpretationshilfe, da die elektrische Ableitung gestört ist.
Nach Warmreizung rechts zeigt sich keine typische Nystagmusreaktion. Solche großen vereinzelten oder gruppierten Dreieckssignale wechselnder Amplitude beobachten wir häufig bei Tieren mit Trommelfellperforationen, bei denen es durch das eingespritzte Wasser zu Erstickungsanfällen kommt. Ein Nystagmus läßt sich durch Reizung des rechten Ohres nicht mehr auslösen.
Elektronystagmogramm 20 Tage nach operativer Durchtrennung des rechten Nervus statoacusticus (Abb. 73 - 77):
Der Spontannystagmus vom rechten und vom linken Auge ist unterschiedlich. Form, Amplitude und Richtung der Signale wechseln an beiden Augen ständig. Die Bewegungen des rechten Auges sind schneller. Am linken Auge sehen wir einzelne größere Ausschläge nach rechts, die vermutlich Muskelpotentialen entsprechen.
Nach Kaltreiz am linken Ohr sehen wir an beiden Augen um die 29. sec. rechtsgerichtete, unregelmäßige Nystagmusschläge. Ungefähr in der 34. sec. kommt es an beiden Augen zu einer abrupten Frequenzverlangsamung und zu einer Richtungsumkehr am rechten Auge, während die Richtungsumkehr am linken Auge fortbesteht. Die Augen bewegen sich konvergent.
Der Warmreiz des linken Ohres zeigt deutlich, daß ein typischer Nystagmus trotz Trommelfellperforation auslösbar ist.

N° 350 (Perbright) vor Durchtrennung des N. VIII re.

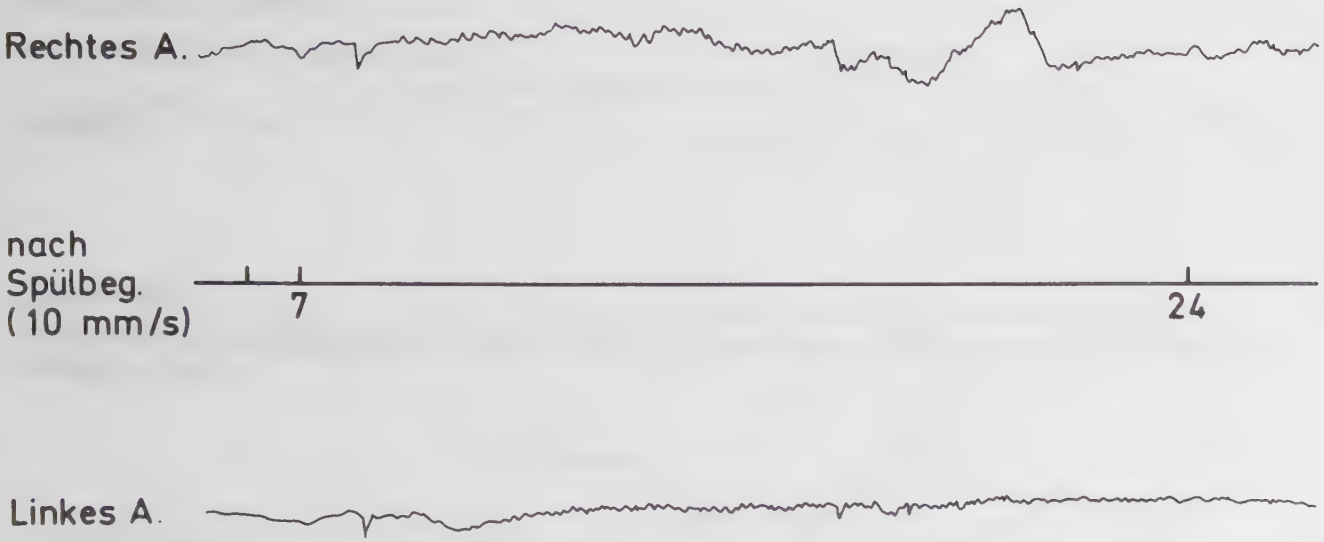


SPONTANYSTAGMUS
Rechtsnyst. am re. A. —
Linksnyst. am li. A. —

⌈50µV

Abb. 63

N° 350 (Perbright) vor Durchtrennung des N. VIII re.



KALTREIZ LI. OHR 30°C

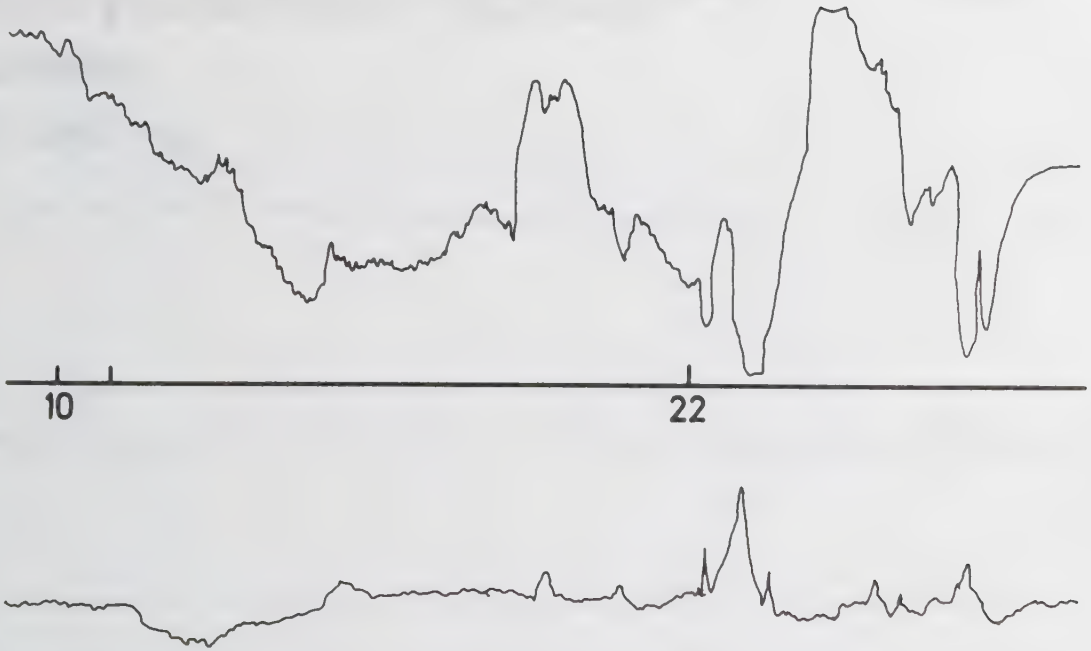
RECHTSNYSTAGMUS

Kumulation: re. A. 5,4 Hz bei 15. s; li. A. 5,8 Hz bei 15. s

[50 µV

Abb. 64

Perbrightm. N° 350 vor Durchtrennung des N. VIII re.



WARMREIZ LI. OHR 44°C

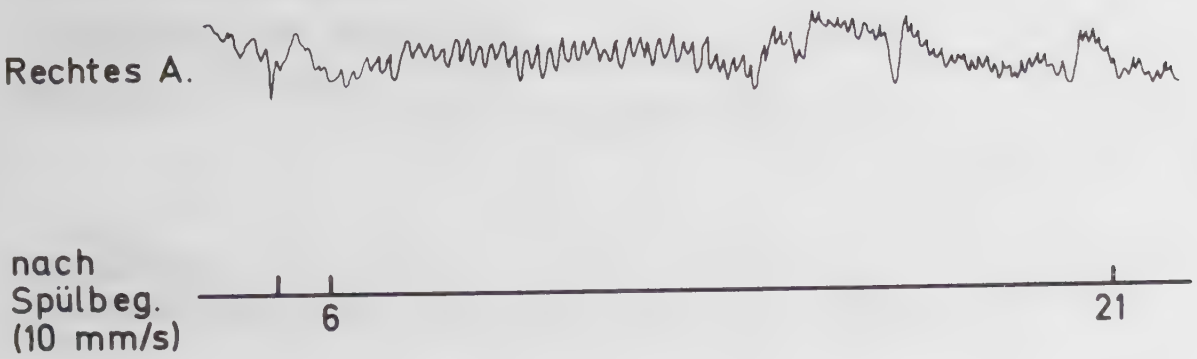
LINKSNYSTAGMUS

Kumulation: re.A. 4,2 Hz bei 15.s; li.A. 2,1 Hz bei 15.s

[50 µV

Abb. 65

N° 350 (Perbrightm.) vor Durchtrennung des N. VIII re.



KALTREIZ /RE.OHR 30°C

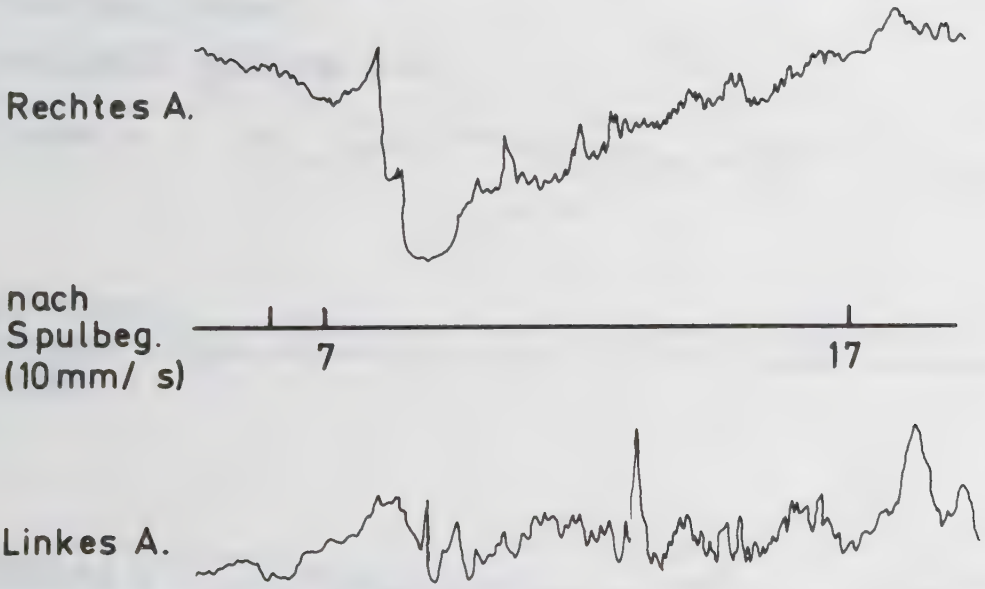
LINKSNYSTAGMUS

Kumulation: re.A. 5,8Hz bei 15.s; li.A. 4,6 Hz bei 15.s

[50 µV

Abb. 66

N° 350 (Perbright) vor Durchtrennung des N. VIII re.



WARMREIZ RE. OHR 44°C

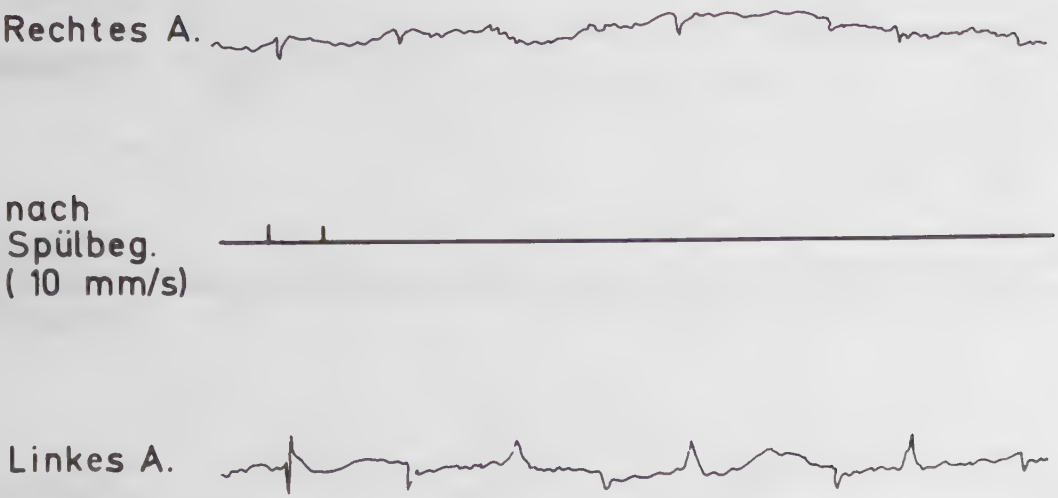
RECHTSNYSTAGMUS

Kumulation: re. A. 4,6 Hz bei 15. s ; li. A. 5,5 Hz bei 15. s

[50 µV

Abb. 67

N° 350 (Perbright) nach Durchtrennung des N. VIII re. (10 Tage)

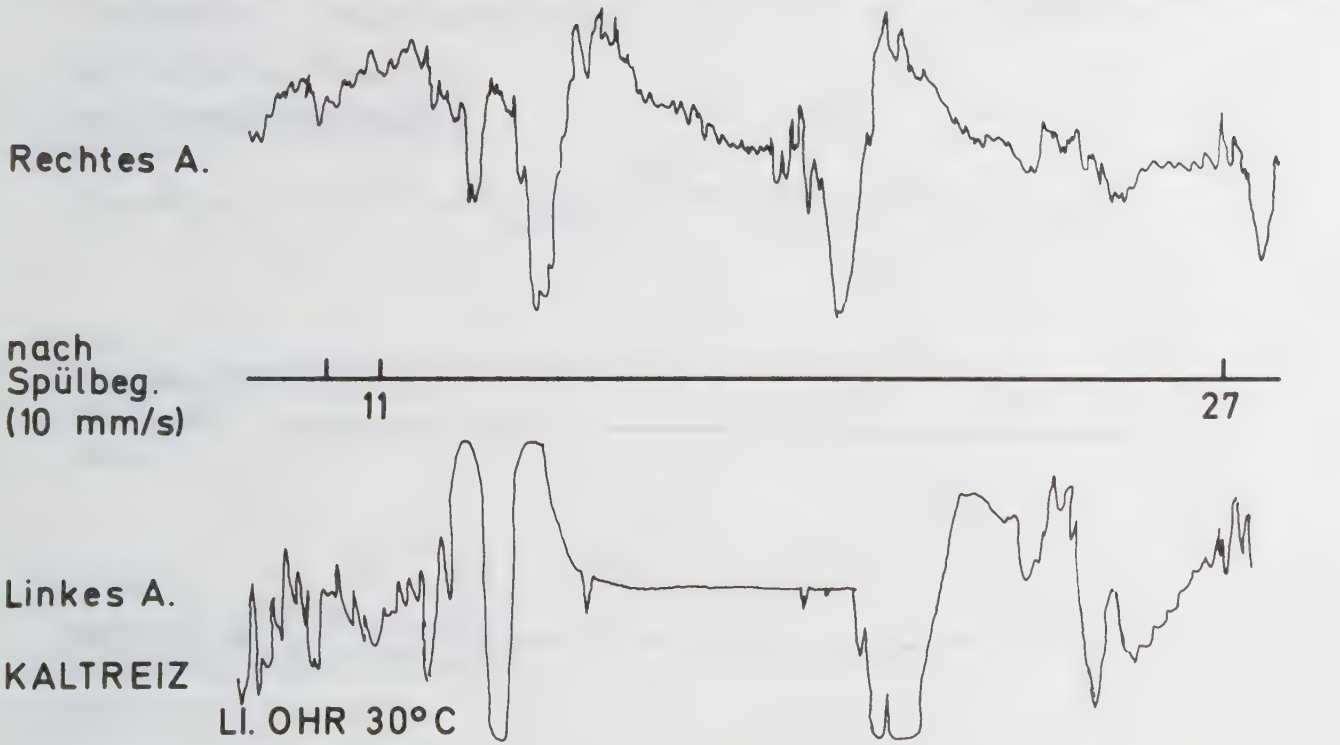


SPONTANNYSTAGMUS
Rechtsnyst. : am re. A.
Linksnyst. : am li. A. 0,4 Hz

[50 µV

Abb. 68

N°350 (Perbright) 10Tage nach Durchtrennung des N.VIII re. Abb. 69



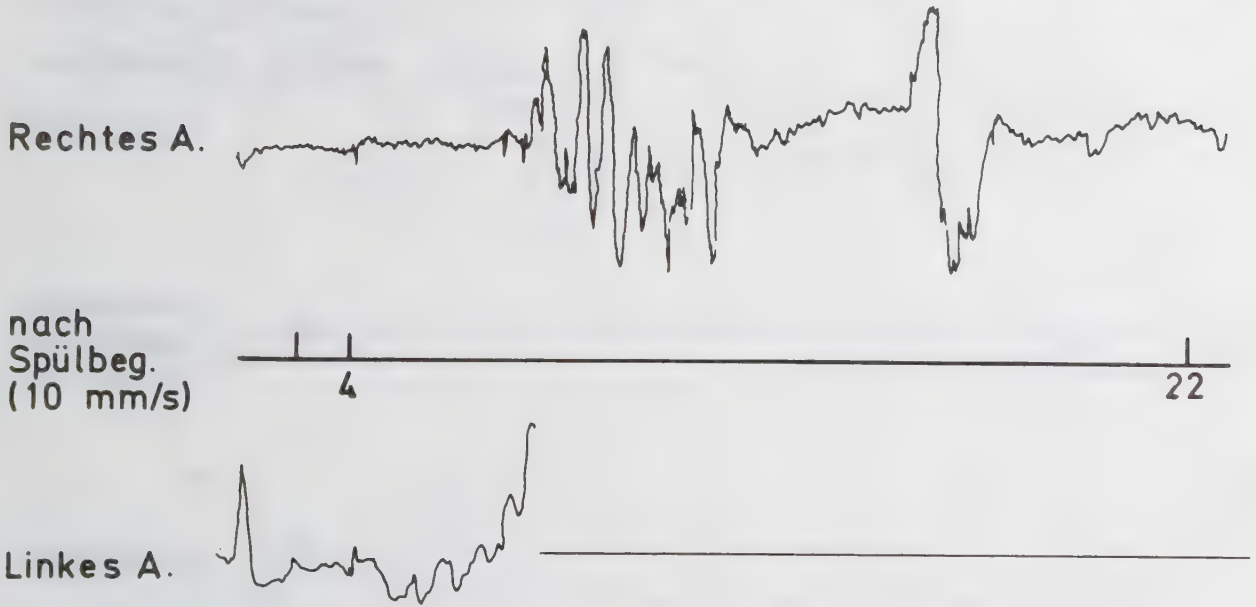
RECHTSNYSTAGMUS

Kumulation: am re. A. 3,1 Hz bei 15.s ; am li. A. 2,4 Hz bei 2 5. s

[50 µV

N°350 (Perbright) 10 Tage nach Durchtrennung des N.VIII re. Abb. 70

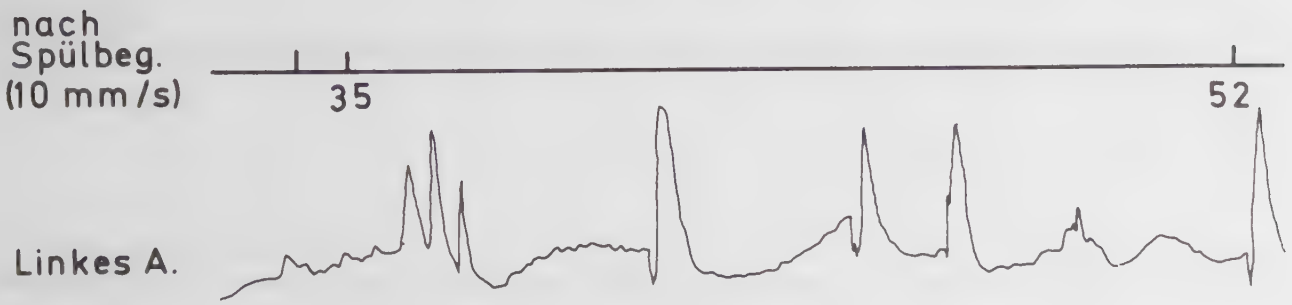
N° 350 (Perbright) 10 Tage nach Durchtrennung des N.VIII re. Abb. 71



KALTREIZ RE. OHR 30°C
LINKSNYSTAGMUS
Kumulation: re. A. 1,6 Hz bei 15. s ; li. A. 0,7 Hz bei 5. s

[50 µV

N° 350 (Perbright) 10 Tage nach Durchtrennung des N. VIII re. Abb. 72



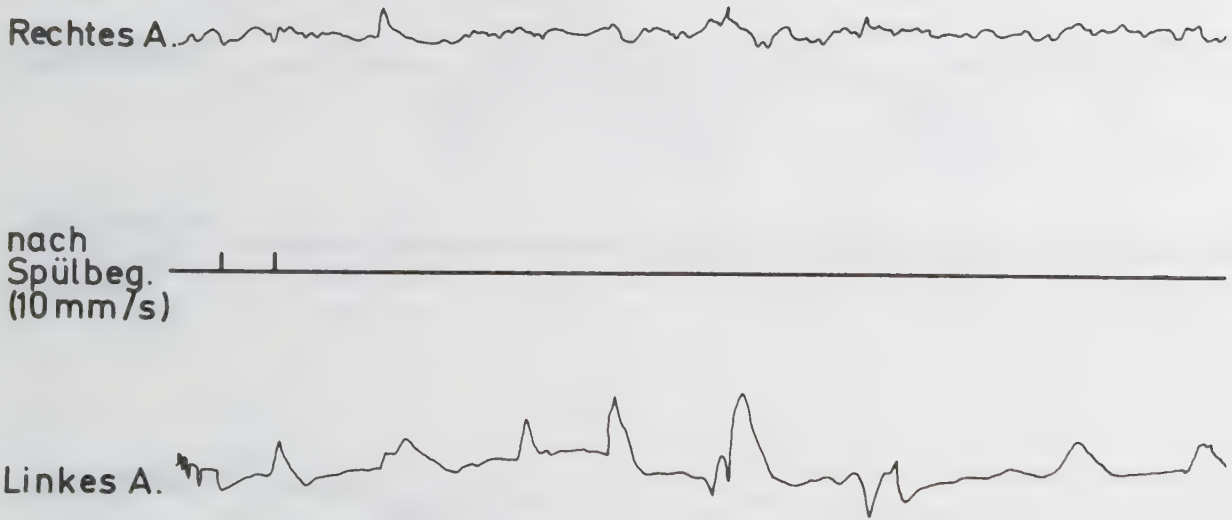
WARMREIZ RE. OHR 44°C

RECHTSNYSTAGMUS

Kumulation: re. A. 1,0 Hz bei 30. s ; li. A. 0,8 Hz bei 60. s

[50 µV

N°350 (Perbright) 20 Tage nach Durchtrennung des N. VIII re.



SPONTANYSTAGMUS

Rechtsnyst. am re. A. 1,5 Hz

Linksnyst am li. A. 0,3 Hz

[50 µV

Abb. 73

N°350 (Perbright) 20 Tage nach Durchtrennung des N. VIII re.

KALTREIZ LI. OHR 30°

RECHTSNYSTAGMUS

Kumulation: re. A. 2,7 Hz bei 10.s; li. A. 2,8 Hz bei 5.s

[50µV

Abb. 74

N°350 (Perbright) 20Tage nach Durchtrennung des N. VIII re. Abb. 75

WARMREIZ LI. OHR 44°C

LINKSNYSTAGMUS

Kumulation: re. A. 3,2 Hz bei 55.s ; li. A. 2,5 Hz bei 50.s

[50 µV

N°350 (Perbright) 20 Tage nach Durchtrennung des N. VIII re.

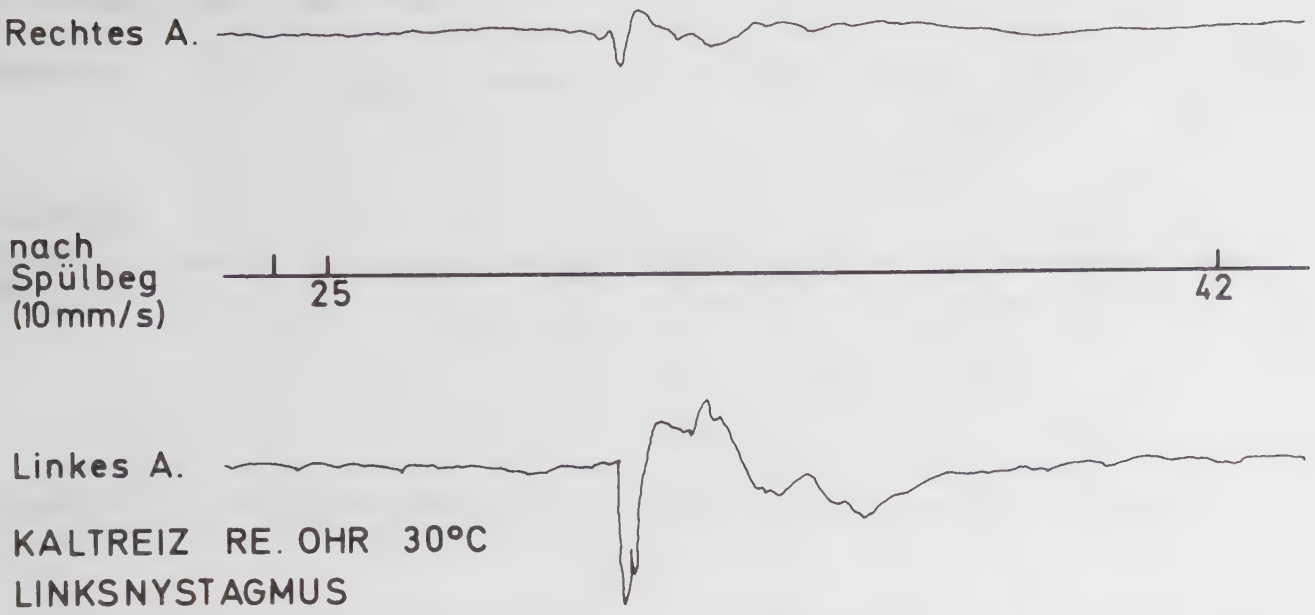
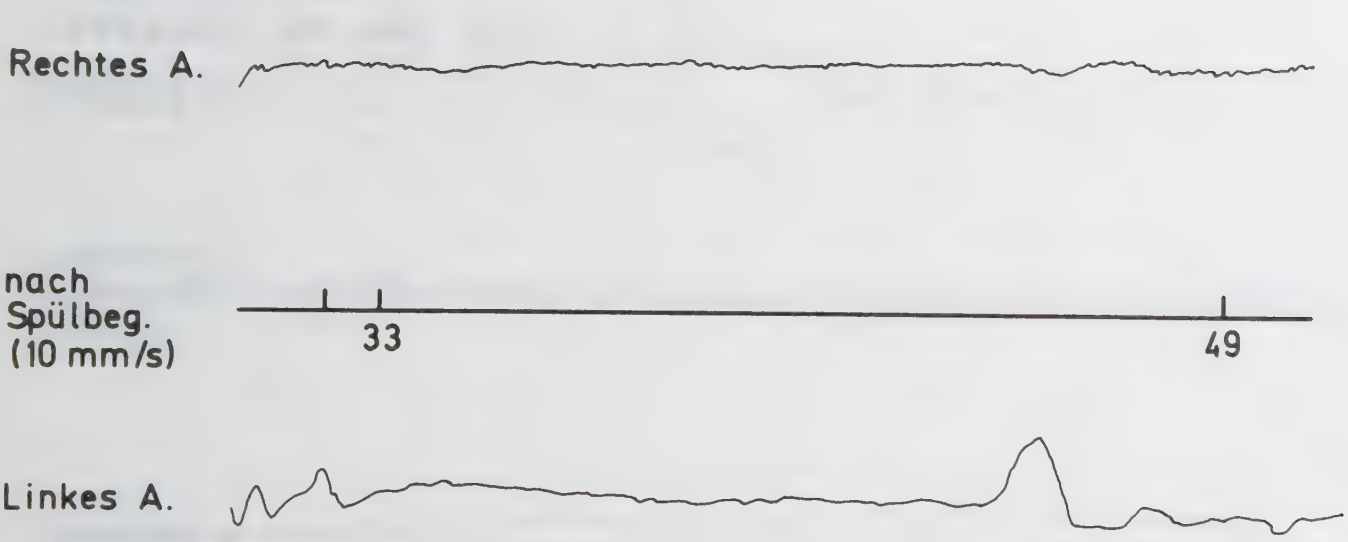


Abb.76

N°350 (Perbright) 20 Tage nach Durchtrennung des N.VIII re.



WARMREIZ RE. OHR 44°C
RECHTSNYSTAGMUS
Kumulation: re.A. 0,8 Hz bei 30.s; li.A. — Hz

[50µV

Abb. 77

Die Richtung ist sicher nach links orientiert. Am kontralateralen rechten Auge überwiegt die Reizantwort in Frequenz und Amplitude.
Kalt- und Warmreizung des rechten Ohres zeigen überhaupt keine adäquate Reizantwort. An beiden Augen kommt es nur zu geringen Undulationen, wenn man von gelegentlich einfallenden Störpotentialen absieht.

b) Die Reaktionskennlinien des Tieres Nr. 350 (Abb. 78 - 80):
Präoperativ (Abb. 78):
Für das rechte und linke Auge ergibt sich der Code 0000. Lediglich die Reaktionskennlinie für das rechte Auge nach Kaltreiz links liegt im oberen Grenzbereich der Norm. Insgesamt stellt sich ein Kennlinienmuster dar, das keinen Hinweis auf eine Störung bietet.
10 Tage postoperativ (Abb. 79):
Das rechte Auge zeigt bei Rechtsreizung eine Reaktionshemmung, bei Linksreiz Normreaktionen (Code 1100).
Das linke Auge reagiert deutlich schwächer bei Rechtsreiz als Linksreiz. Die Kennlinie nach Warmreiz rechts liegt jedoch im unteren Bereich der Norm, die allerdings extrem breit ist (Code 0100). Allein der Kaltverlust rechts deutet aber schon auf eine periphere Störung rechts hin.
20 Tage postoperativ (Abb. 80):
Für beide Augen ergibt sich eine rechtsseitige Reaktionshemmung (rechtes Auge Code 1100, linkes Auge Code 1100). Dies ist der sichtbare Ausdruck einer peripheren vestibulären Funktionsstörung rechts.

PERBRIGHTMEERS. N°350 PRÄOPERATIV

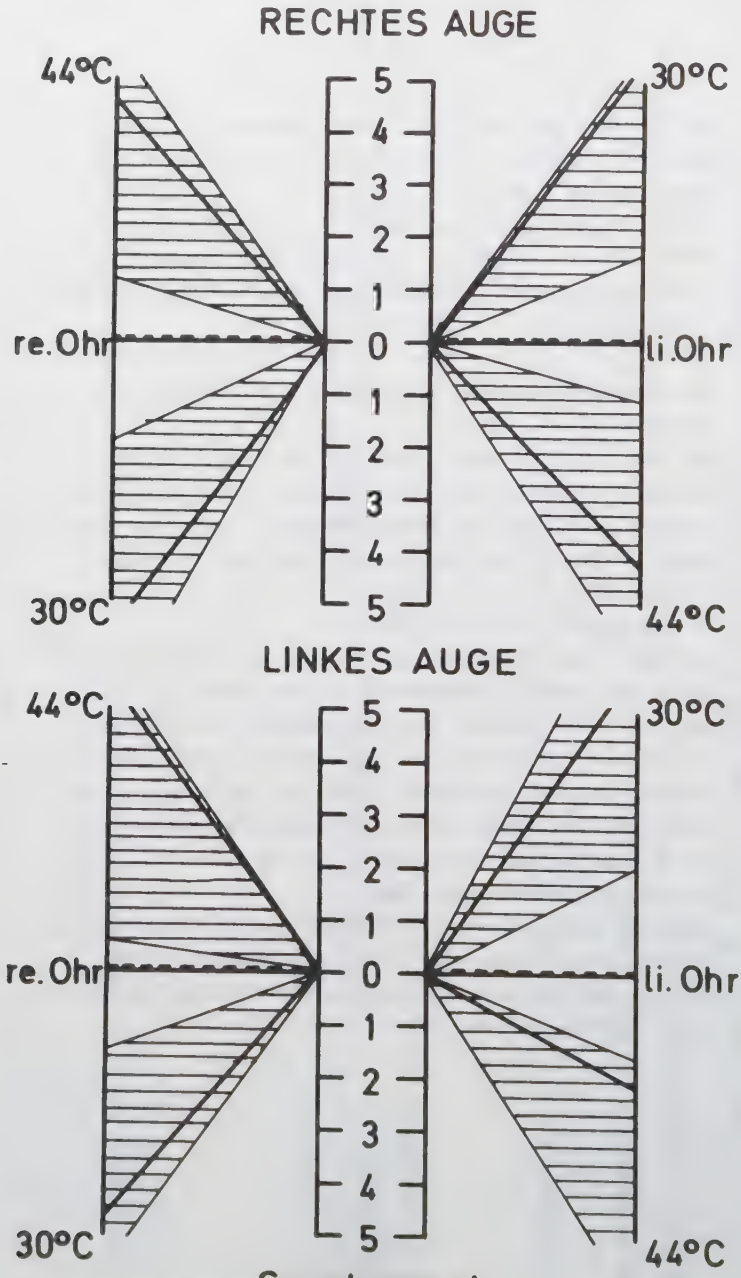
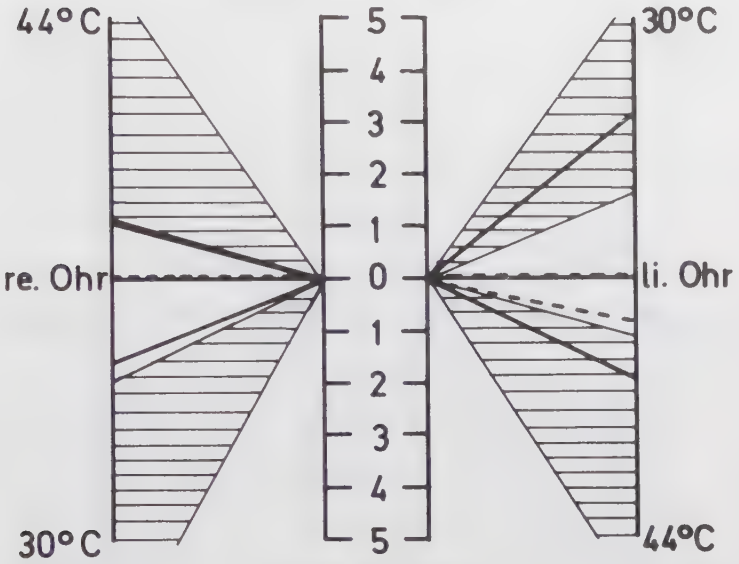


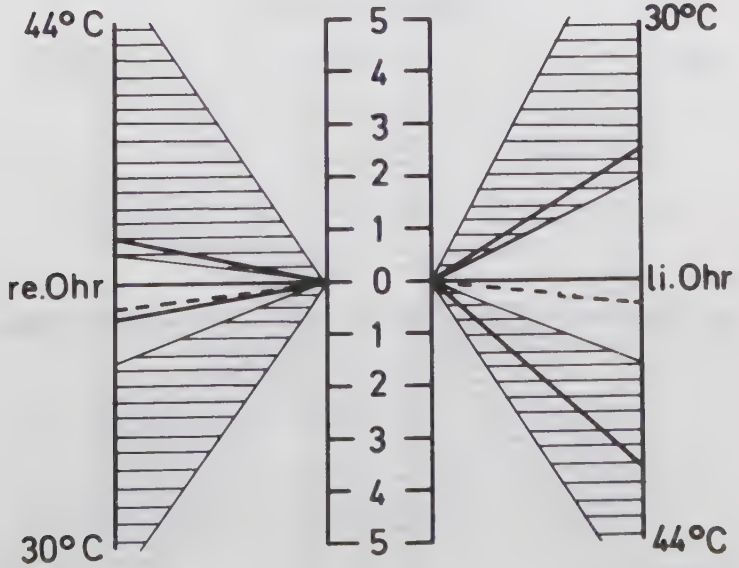
Abb. 78

PERBRIGHTMEERS. N° 350 10 Tage postop.

RECHTES AUGE



LINKES AUGE

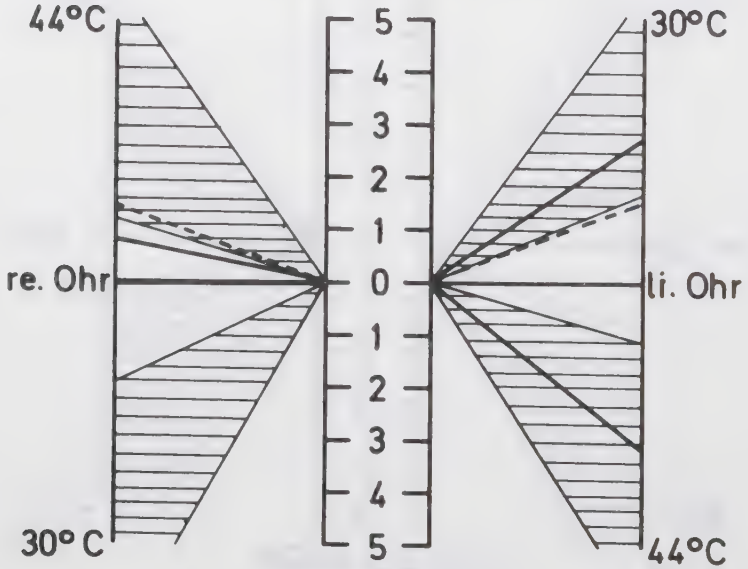


-----Spontannyst.

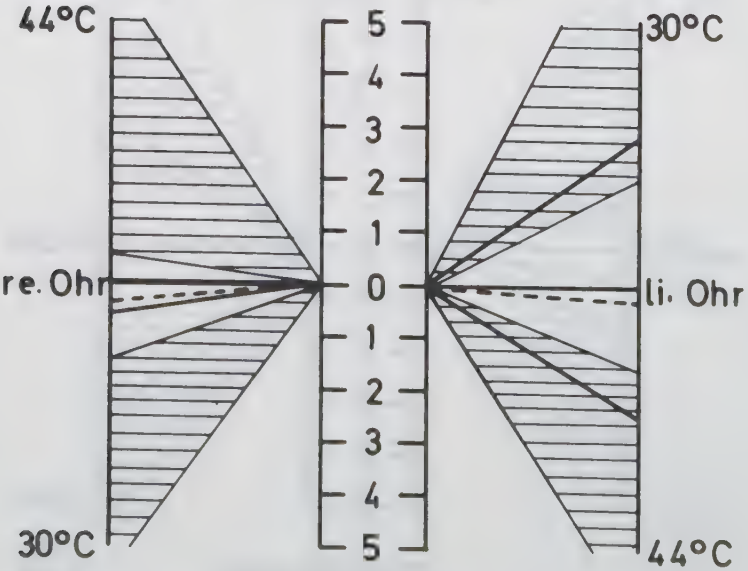
Abb.79

PERBRIGHTMEERSCHW. 350 20 Tage postop.

RECHTES AUGE



LINKES AUGE



------ Spontannyst.

Abb.80

IV. DISKUSSION

1. Die Bedeutung des Experiments für das naturwissenschaftliche Modell:

Die Naturwissenschaft gehört zu den induktiven Wissenschaften. Sie gründet auf der Empirie und gelangt mittels Reduktion zu hypothetischen, gesetzlichen und theoretischen Aussagen. In einem mehr oder minder scharf begrenzten Gebiet werden Phänomene untersucht und als Protokollaussagen festgehalten. Diese Protokollaussagen enthalten Raumkoordinaten, Zeitkoordinaten, Umstände und Beschreibung des Phänomens.

Um überhaupt ein Experiment durchführen zu können und damit Protokollaussagen zu erhalten, benötigt man zumindest eine Arbeitshypothese. Eine solche Hypothese erlaubt es außerdem erst, die an sich ungeordneten Protokollaussagen einzugliedern und zu erklären. Die Verifikation muß in mehreren Fällen die Hypothese bestätigen, damit diese zum Gesetz wird. Die Gesetze lassen sich reduktiv direkt auf Grund der Protokollaussagen aufstellen. Sie sind Verallgemeinerungen, die neben Ausdrücken der Protokollaussagen keine außerlogischen Ausdrücke enthalten.

Die Theorien stehen über den Gesetzen. Sie entstehen indirekt und erklären die Gesetze und ihrer Zusammenhänge nicht nur verallgemeinernd, sondern mit noch nicht vorhandenen theoretischen Ausdrücken.

Das Experiment fügt sich in dieser Hierarchie an unterster Stelle ein, während die Theorie das Dach des Denkgebäudes

bildet. Bei fertigem Modell und bei logischer Betrachtung drehen sich die Denkrichtungen um, aus der Theorie werden Gesetze abgeleitet, daraus die Hypothesen und schließlich die Protokollaussagen. Dabei bilden die Theorien die Axiome. Erkenntnistheoretisch beginnt jedoch der Denkweg bei den Protokollaussagen, so daß manche bildlich sagen, die reduktive Wissenschaft sei ein auf dem Kopf stehendes axiomatisches System.

Die Lehre der Medizin läßt sich grob in zwei Teile gliedern. Anatomie, Physiologie, physiologische Chemie usw. beschreiben den gesunden Menschen. Sie sogenannten klinischen Fächer wie Pathologie, Chirurgie, Hygiene befassen sich mit der "Krankheit" oder mit dem "Nicht-Gesunden", wobei wir hier nicht auf die Festlegung der Grenzen eingehen wollen.

Zunächst haben wir den philosophischen Weg zur Erklärungsbildung skizziert. Jetzt muß die Medizin mit ihren Teilwissenschaften eingeordnet werden. Sie sieht sich mit verschiedenen Phänomenen konfrontiert, die ohne ihr Zutun ablaufen. Zeit- und Raumkoordinaten sowie Umstände und Beschreibung des Phänomens müssen durch ständige Verfeinerung der Beobachtung eingekreist und analysiert werden. Dabei ist es kaum möglich, das Einzelne aus dem zusammenhängenden Ganzen heraus zu nehmen, ohne dabei die Bedingungen völlig zu verändern. So beschreibt die Anatomie den lebenden Menschen auf Grund von Untersuchungen am Toten. Die Physiologie analysiert z. B. Reaktionen auf einen Reiz, ohne aber gleichzeitig die reaktionsbildenden Strukturen sehen zu können. Die zu beschreibenden Phänomene erweisen sich dabei als so komplex, daß jeweils nur wenige Parameter herausgegriffen

und untersucht werden können. Wir sprechen eher von Modellen als von Hypothesen und Gesetzen. Durch Modelle versucht man, eine verhältnismäßig geringe Anzahl von Aussagen über ein Phänomen zu erklären. Dabei stützt man sich auf andere Modelle, die bereits verifiziert sind, d. h. wiederholt nachgeprüft werden konnten. Bisher konnte eine große Zahl von Modellen zusammengefügt werden, so daß der praktisch tätige Arzt sein Denken und Handeln auf einem ausreichend gesicherten Bild des gesunden und des kranken Menschen basieren kann.

Die Richtigkeit vieler Modelle läßt sich jedoch am Menschen nicht verifizieren. Ethische Gründe verbieten Experimente mit unabsehbaren oder schädigenden Wirkungen für den Menschen.

Die heutige Ethik erlaubt es, - wenn auch umstritten - an Tieren Phänomene experimentell hervorzurufen und zu beschreiben. Dabei geht man auch hier von einer Arbeitshypothese aus, die sich aus der Modellvorstellung ableitet. Die bestätigenden Ergebnisse werden entsprechend geordnet und diskutiert. Man versucht daraus Rückschlüsse auf den Menschen zu ziehen, so daß Vorstellungen - um mehr handelt es sich oft nicht - bestätigt, verfeinert oder erweitert werden können.

In dieser Arbeit untersuchen wir am Meerschweinchen den kalorischen Nystagmus unter verschiedenen Umständen. Der Schwindel ist ein seit eh und je bekanntes Phänomen, der z. B. bei Drehbeschleunigungen oder beim Blick in einen Abgrund als Höhenschwindel auftritt. Physiologen und Anatomen ist es gelungen den Bogengangapparat als Reizempfänger und das Auge als Effektor bzw. als Rezeptor zu identifizieren. Der Nystag-

mus wird als polysynaptischer Reflex beschrieben. Das Modell der Nystagmusentstehung ist in der Versuchbeschreibung bereits dargestellt.

Als Ausdruck ablaufender physiologischer, unphysiologischer und pathologischer Gleichgewichtsreaktionen kann der Reflex Nystagmus beobachtet werden. Mit der Elektronystagmographie kann der Nystagmus objektiv und quantitativ festgehalten werden und unter definierten Reizsituationen geprüft werden. Dabei ergeben sich bestimmte Bilder, die eine grobe Zuordnung zu vorhandenen ZNS-Läsionen erlauben. Es ist möglich, z. B. periphere und zentrale, einseitige und beidseitige Vestibularisstörungen zu unterscheiden.

In Zukunft soll eine genauere topographische Zuordnung erreicht werden z. B. ob eine Störung im Bogengangapparat, im ableitenden Nervus statoacusticus, in benachbarten Strukturen, in bestimmten Kerngebieten oder Leitungsbahnen des Stammhirns oder des Kleinhirns liegt. Gelingt dieser Schritt wird die Neurootologie mit dem ENG eine zusätzliche Möglichkeit der Topodiagnostik anbieten können, die dabei einen verhältnismäßig geringen Eingriff am Probanden darstellt.

Die vorliegende Arbeit beschriebt Tierexperimente. Wir gehen von der Arbeitshypothese aus, daß jedes Säugetier einen ähnlich funktionierenden Gleichgewichtsapparat mit Bogengängen, Sacculus und Utriculus peripher und einen zentralen Nystagmusgenerator besitzen. Viele Tierexperimente haben bestätigt, daß ein Nystagmus auslösbar ist, u. a. auch bei Meerschweinchen. Wir untersuchen ein Meerschweinchenkollektiv unter Anlehnung an die standardisierten Prüfmethoden der

menschlichen Elektronystagmographie.

Nach der Erstellung von Basiskalorigrammen sollen die Auswirkungen einer einseitigen Afferenzunterbrechung festgehalten und analysiert werden. Wir durchtrennen den rechten Nervus statoacusticus an seiner Austrittsstelle aus dem Meatus acusticus internus.

Um den Beobachtungen und Messungen mehr Gewicht zu geben, führen wir die Untersuchungen an einer größeren Anzahl von Tieren durch und werten die Ergebnisse statistisch aus. Dies umso nötiger als eine Reihe von Faktoren die biologischen Experimente unterschiedlich ausfallen lassen, z. B. technische Probleme, Streß, nicht genau gleiche Umstände, schwierige anatomische Verhältnisse am äußeren Gehörgang, usw. Bei physikalischen Versuchen kann man im Allgemeinen die Hintergrundsbedingungen besser konstant halten als bei biologischen.

2. Differentielle Topodiagnostik mit Hilfe von neurootologischen Funktionsprüfungen:

Gegenwärtig kommen in der Neurootologie nach Claussen vor allem drei Untersuchungsverfahren zur Geltung:
die monaurale kalorische Prüfung, der rotatorische Intensitäts-Dämpfungstest (RIDT) und die Cranio-Corpo-Graphie (CCG).

Die monaurale kalorische Prüfung mit Kennliniendarstellung im Schmetterlingsschema nach Claussen ist weiter oben (Seite 14) beschrieben.

Im rotatorischen Intensitäts-Dämpfungs-Test (RIDT) wird binaural ein definierter Rotationsreiz gesetzt. Zunächst wird der auf dem Drehstuhl sitzende Patient linear bis zu einer maximalen Geschwindigkeit von 90°/sec. beschleunigt. Diese Geschwindigkeit wird über eine festgesetzte Zeit beibehalten. Die Reizstärke ist dabei supraliminal. In dieser Zeit beobachten wir den perrotatorischen Nystagmus, der in Drehrichtung schlägt. Dann wird der Stuhl plötzlich abgebremst und es kommt zu einem postrotatorischen Nystagmus, der der Drehrichtung entgegengesetzt schlägt. Hier ist die Reizstärke supramaximal. Die Prüfung wird für Rechts- und Linksdrehung vorgenommen.

Im sogenannten RIDT-L-Schema nach Claussen sind Perrotatorius und Postrotatorius nebeneinander auf doppellogarithmischem Papier aufgetragen, wobei die Summe der Nystagmusschläge an der Ordinate stehen, während die Zeit auf der Abszisse abgetragen wird. Ausgewertet wird vom Perrotatorius der Kulminationszeitraum über 30 sec., vom Postrotatorius die 30 sec., die dem Abstoppen des Drehstuhls folgen. Durch die doppellogarithmische Auftragung der Ergebnisse erhalten wir ungefähr gerade Kennlinien. Normbereiche erlauben es je nach Lage der Kennlinien von normalen, gehemmten und enthemmten Reaktionen zu sprechen, wie ja auch im Schmetterlingsschema. Außerdem kann die Steigung der Kennlinie normal, unternormal oder übernormal sein.

Die Cranio-Corpographie zeichnet die Bewegungen von Kopf und Schultern auf bei dem Unterberg'schen Tret-Versuch und anderen Versuchen. Der Proband muß dabei in einer Minute 80 bis 100 Schritte auf der Stelle ausführen. Auf seinen

Schultern, am Hinterhaupt und an der Stirn sind kleine Glühbirnen angebracht. Eine Polaroidkamera hält die Bewegungen als Leuchtspuren fest. Die Schulterschwankungen und die seitlichen Abweichungen erlauben Aussagen über Gleichgewichtsstörungen. Eine verbreiterte Lateralschwankung deutet auf eine zentrale Läsion hin. Eine übernormale Seitenabweichung gilt als Hinweis für eine periphere Störung auf der Abweichungsseite. Die zwei Bilder können kombiniert auftreten. Bei Simulation und psychogenen Störungen fehlt nach wiederholten Untersuchungen die Musterreproduktion. Solche Seitenabweichungen werden durch Einrollen und Kreisgang zur Operationsseite auch bei den meisten Meerschweinchen unserer Serie postoperativ beobachtet.

Um topographische Aussagen zu erhalten, vergleicht man im überschwelligen Reiz-/Reaktions-Stärkevergleich die kalorischen mit den rotatorischen Prüfungen. Dabei stellt man die Reaktionen jeweils gegenüber, bei denen die experimentellen kalorischen bzw. rotatorischen Stimuli zu utriculuswärts gerichteten Strömungen führen. In der Praxis werden also Warmreiz rechts und der perrotatorische Rechtsnystagmus analysiert.

Bei dieser Betrachtungsweise hat man nach Claussen den Vorteil, daß

a) die direkt gereizten Rezeptoren im Vordergrund stehen,
b) die Stimulusflankensteilheiten prinzipiell unterschiedlich sind,
c) der perrotatorische Reiz noch eine Verstärkung durch die Dämpfung des Gegenrezeptors erhält.

Insgesamt unterscheidet man 9 Reiz-/Reaktionsstärketypen, die sich in 3 Gruppen einteilen lassen. Ein paralleles Verhalten der Kennlinien findet sich bei den Typen I - III. Von Recruitment spricht man, wenn die perrotatorische Antwort verhältnismäßig stärker ist als die kalorische (Typ IV - VI).

Als Decruitment wird der Zustand bezeichnet, wenn der Perrotatorius verhältnismäßig schwächer ist als die kalorische Prüfung (Typ VII - IX).
Bei manchen Typen kann auch von latenter Störung gesprochen werden.

Mit der Anwendung der 3 Untersuchungsverfahren soll versucht werden, durch die Verfolgung von Signalen Kernpunkte und überlappende Zonen der jeweils untersuchten Systeme zu erarbeiten. Allerdings handelt es sich um Funktionsdiagnostik, die keine Aussage über morphologische Strukturen des Störherdes geben kann.

In die neurootologische Praxis kommen Patienten mit peripheren Störungen, die einseitig oder beidseitig sein können. Dabei kennen wir isolierte Rezeptorstörungen, wie Streptomycinschäden, die Otitis interna, sowie Störungen der gesamten Peripherie, etwa durch Schwermetallvergiftung, Felsenbeinfraktur, Grippeotitis, Neurinome des afferenten Nerven (Acusticusneurinom). Prozesse in der hinteren Schädelgrube führen zu zentraler Symptomatik. Dort liegen die Medulla oblongata, die Pons und das Mesencephalon unerreichbar für das klinische EEG. In diesem Raum zählen zu den modellhaften Krankheitsbildern der Patienten, die zur Diagnose in die Neurootologie kommen,

die Platybasie, die Syringobulbie, Multiple Sklerose und der Kleinhirnbrückenwinkeltumor.

3. Wertung der eigenen Ergebnisse:

Zunächst dient diese Arbeit der Erstellung von Standardkalorigrammen eines Meerschweinchenkollektivs als Bezugspunkt für nachfolgende Untersuchungen. Die Auswertung der Elektronystagmogramme nach statistischen Gesichtspunkten soll die Aufstellung eines synoptisch, aus Teiltests aufgebauten Schmetterlingschemas der Meerschweinchen mit Normbereichen erlauben. Die Normbereiche der einzelnen Teiltests sind asymmetrisch in derselben Reihenfolge wie beim Menschen angeordnet.

Der vor jeder Kalorisation festgehaltene Spontannystagmus zeigt mit großer Regelmäßigkeit einen divergent dissoziierten Nystagmus. Dieses Phänomen läßt sich aus der Lage der Augen erklären. Die Augen der Meerschweinchen stehen nicht, wie beim Menschen, in einer Ebene, sondern seitlich am Kopf. Ihre 2 Gesichtsfelder überlappen gar nicht oder kaum, so daß das Tier 2 getrennte Gebiete sieht. Räumliches Sehen dürfte damit weitgehend unmöglich sein. Um aber dennoch einen genügenden Überblick der Umgebung zu erlangen, bewegen sich die Augen ständig, mit einer schnellen Komponente nach hinten und einer langsamen, sehenden Komponente nach vorn, so daß wir am rechten Auge einen Rechtsnystagmus, am linken Auge einen Linksnystagmus sehen. Aus unserer Versuchsanordnung heraus können wir jedoch nicht sagen, ob es sich um einen reinen horizontalen Nystagmus handelt, der spontan abläuft, oder ob

noch vertikale bzw. diagonale Komponenten hinzukommen. Das Meerschweinchen lebt auf dem Boden. Als wehrloses Tier muß es ständig auf der Hut sein und einen möglichst großen Raum dauernd überwachen. Dies wäre eine teleologische Erklärung für die Augenstellung und die Augenbewegungen dieser Tiere.

Während der menschliche Spontannystagmus im Durchschnitt zwischen 0 Hz und 0,55 Hz nach rechts oder links schlägt, sehen wir beim Meerschweinchen Frequenzen von 1,33 Hz $\pm$ 0,52 Hz Standardabweichung am rechten Auge und 1,30 Hz $\pm$ 0,53 Hz am linken Auge. Die Frequenzen der Tiere liegen also sehr viel höher.

Die kalorischen Prüfungen mit warmem und kaltem Wasser am rechten und am linken Ohr zeigen deutliche Ergebnisse. Auch hier liegen die Mittelwerte der Frequenzen erheblich höher als beim Menschen.

Der Normbereich der Kaltreaktion links geht beim Meerschweinchen von 1,70 Hz bis 5,50 Hz am rechten Auge und von 2,13 Hz bis 7,87 Hz am linken Auge, während man für den Menschen 0,93 Hz bis 2,16 Hz ermittelt.

Die Warmreaktion links zeigt für das Meerschweinchen eine Norm zwischen 1,06 Hz und 6,28 Hz am rechten Auge und zwischen 1,55 Hz und 6,11 Hz am linken Auge, beim Menschen zwischen 0,86 Hz und 2,00 Hz.

Für das Meerschweinchen findet man bei Kaltreaktion rechts für das rechte Auge einen Normbereich von 1,87 Hz bis 7,21 Hz, für das linke Auge von 1,38 Hz bis 6,58 Hz, beim Men-

schen liegen die Frequenzen zwischen 0,90 Hz und 2,06 Hz.

Die Warmreaktion rechts des Meerschweinchens ergibt eine Norm von 1,29 Hz bis 5,79 Hz am rechten Auge und für das linke Auge von 0,63 Hz bis 6,11 Hz. Das menschliche Auge schlägt hingegen mit 0,86 Hz bis 1,90 Hz.

Die Normbereiche der Meerschweinchen überlappen im unteren Anteil mehr oder minder mit den menschlichen. Die Mittelwerte der Meerschweinchen liegen aber erheblich, ja doppelt und dreimal so hoch wie die des Menschen. Vielleicht spielen dabei die unterschiedlichen Massenverhältnisse der Menschen und der Meerschweinchenaugen insofern eine Rolle, daß das kleine Meerschweinchenauge eine höhere obere Grenzfrequenz hat.

Die Ergebnisse der Meerschweinchenkalt- und -warmspülungen rechts und links variieren zwischen den Normgrenzen 0,63 Hz (44^{o} Re., li. Auge) und 7,87 Hz (30^{o} Li., li. Auge). Die Mittelwerte schwanken zwischen 3,37 Hz und 5,00 Hz. Die Ergebnisse streuen also sehr viel breiter als beim Menschen. Die einzelnen Reizarten bewirken sehr unterschiedliche Intensitäten der Reaktionen. Allerdings muß man bedenken, daß unser Kollektiv verhältnismäßig klein ist. Ausgepräger als beim Menschen zeigt das Meerschweinchen Unterschiede in der Reaktionsstärke auf die verschiedenen Reize. Im Grunde verläuft das Verhalten aber parallel mit dem des Menschen. Sowohl beim Menschen als auch beim Meerschweinchen findet man, daß der Kaltreiz links am intensivsten beantwortet wird. In der Reaktions-

stärke folgen der Kaltreiz rechts, dann der Warmreiz links und schließlich der Warmreiz rechts. Die Folge stimmt mit der Sequenz der Kalorisationen am Menschen überein. Das Meerschweinchen wird jedoch zunächst links kalt, dann warm, anschließend rechts kalt und dann warm gereizt.
Nach der Registrierung des Standardkalorigramms wird jedem Tier in einer mikrochirurgischen Operation der rechte Nervus statoacusticus durchtrennt, um eine rechtsseitige periphere Läsion im afferenten Leitungssystem zu imitieren.

In den Kapiteln Statistische Ergebnisse (III-A) und Kasuistik (III-B) werden die Resultate im Einzelnen besprochen.

Während die postoperativen Spontannystagmen sich nur geringfügig ändern, kommt es bei den postoperativen Kalorisationen zu einem starken Absinken der statistischen Mittelwerte. Dabei liegen die Ergebnisse nach Linksreizung noch deutlich über dem Spontannystagmus bzw. führen zu einer Richtungsumkehr. Bei postoperativer Rechtsreizung liegen die statistischen Mittelwerte nahe den Spontanen, eine Richtungsumkehr zeigt sich nur in geringem Maße. Die auffallend hohen Standardabweichungen sind Folge der erheblichen Linkslastigkeit der Verteilung.
Bedient man sich der Standardabweichung als Parameter der Streuung, so entnimmt man aus den Trendzeichnungen (Abb. 34 - 39) und den Tabellen (Tab. 1 - 7), daß die Streuräume jeweils von der präoperativen zu der ersten und zu der zweiten postoperativen Untersuchung absolut gesehen ständig abnehmen. Relativ gesehen haben die postoperativen Mittelwerte jedoch höhere Standardabweichungen.

Aus dem geschilderten Bild darf geschlossen werden, daß kalorische Reize am linken Ohr zu im Normbereich befindlichen Reaktionen führen. Die kalorischen Reize am rechten Ohr zeigen hingegen gehemmte Reaktionen sowohl für Warm- als auch für Kaltreiz.

Der logische Schluß liegt nahe, daß bei durchtrennter Nervenleitung vom peripheren Vestibularrezeptor zum zentralen Nystagmusgenerator eine Reizung des betroffenen Rezeptors keine normal starke vestibulo-okuläre Nystagmusreaktion mehr auslösen kann.

Methodenkritik:
Einige einschränkende Bemerkungen sind nötig. Da die Tiere keine willigen Probanden sind, sondern sich angegriffen fühlen, ist die Abwehr durch Zappeln sehr groß. Sie liegen auch nicht bequem, sondern sind fest eingespannt. Muskelpotentiale und "Panik"-Gestimmtheit vergröbern bzw. verfälschen die Ergebnisse. Die Ableitung ist störanfällig durch die Grenzen unserer Technik, so daß elektrisches Rauschen aufgrund fehlender Raumabschirmung und mangelhafte Kontakte oft zu unauswertbaren Kurvenabschnitten oder gar ganzer Kurven führen. Daher müssen Spülungen häufig wiederholt werden. Die Spültechnik läßt sich ebenfalls noch nicht perfekt durchführen. Abwehrbewegungen lassen oft das Wasserschläuchchen aus dem äußeren Gehörgang rutschen.

Um die Fehler, die besonders im Einzelexperiment sichtbar werden, auszugleichen, haben wir umfangreiche statistische Beobachtungen angestellt, die unter Umständen in der Lage sind, Fehler durch Interferenz auszugleichen.

4. Ausblick:

Unsere Versuche sollen auf dem Gebiet der verfeinerten neurootologischen Topodiagnostik weiterhelfen. Wir haben bei 111 Meerschweinchen Standardkalorigramme erstellt. Nach Durchtrennung des Nervus statoacusticus können wir nach 10 Tagen 47 Tiere, nach 20 Tagen 44 Tiere untersuchen. Folgt man dabei den Auswertungskriterien der Neurootologie, so kann man Kennlinienmuster erkennen, die den menschlichen ähneln. Die vorliegende Versuchsreihe beschäftigt sich mit der Auswirkung experimenteller Nervus octavus-Läsionen auf den Kalorisationstest ad modum Claussen. Es liegt auf der Hand, daß in Zukunft weitere Untersuchungen an Meerschweinchen durchgeführt werden, bei denen jeweils bestimmte Kerngebiete oder Leitungsbahnen des Stammhirns koaguliert werden sollen. Ausfälle müßten sich darstellen und sich dann mit pathologischen Störherden beim Menschen vergleichen lassen. Im Rückschluß könnte schließlich aus der topographisch genau lokalisierten Läsion im Meerschweinchengehirn die Lage einer Störung im menschlichen Gehirn besser bestimmt werden oder zumindest besser verstanden werden.

Wir finden nach der Unterbrechung des rechten Nervus vestibularis sowohl im Einzelfall, als auch im statistischen Mittel Zeichen, die in der klinischen Neurootologie auf eine periphere Schädigung des rechten Nervus vestibularis hinweisen. Dieses Zeichen ist die Störung der Warm- und der Kaltreaktion der Seite der Nervendurchtrennung. Die Störung wird beim Vergleich mit der statistisch ermittelten Normreaktion augenfällig sichtbar.

Der beim Menschen typische Ausfallnystagmus, der die Störung der Kaltreaktion z. B. bei einer Otitis interna einer Seite verdeckt, fehlt weitgehend bei den Meerschweinchen nach Durchtrennung des Nervus VIII.
Claussen weist allerdings darauf hin, daß bei Felsenbeinfrakturen und ähnlichen Läsionen des Nervus VIII ohne Zerstörung des Rezeptorapparates, klinisch auch beim Menschen häufiger die einseitige Kalt- und Warmhemmung ohne einen stärkeren Ausfallnystagmus auftritt. Eine Erklärung für das differente Reaktionsverhalten bei verschiedenen Rezeptorstörungen im Vergleich mit der reinen Nervendurchtrennung des Nervus VIII gibt er aber nicht an.

V. ZUSAMMENFASSUNG:

Es werden 111 Meerschweinchen einer kalorischen Vestibularisprüfung nach der standardisierten Methode der klinischen Neurootologie unterzogen.

Das Meerschweinchen hat im monokulären ENG eine divergente Dissoziation des Spontannystagmus. Das rechte Auge schlägt nach rechts, während das linke nach links schlägt.

Auf Kaltreiz kommt es zu einem Nystagmus, der nach der kontralateralen Seite gerichtet ist, wobei die Reizantwort am ipsilateralen Auge überwiegt. An einem Auge kommt es stets zur Richtungsumkehr. Die Mittelwerte der Frequenzen gehen von 3,60 Hz bis 5,00 Hz.

Der Warmreiz verursacht einen Nystagmus zur ipsilateralen Seite, der am kontralateralen Auge frequenter schlägt. Die Mittelwerte betragen zwischen 3,37 Hz und 3,84 Hz.
Stets kommt es an einem Auge zur Richtungsumkehr.

Die Kalorisierung mit kaltem Wasser erzeugt stärkere Reizantworten im statistischen Mittel als die Warmwasserspülung.

Aus den Mittelwerten mit den Standardabweichungen werden Schmetterlinge nach der Methode von Claussen erstellt, d. h. synoptische Koordinatensysteme mit Normbereichen zur Darstellung von Reaktionsgesamtmustern für die kalorische Vestibularisprüfung. Die Normbereiche der einzelnen Teiltests sind asymmetrisch in der selben Reihenfolge wie beim Menschen angeordnet.

Bezieht man sich auf die Funktionskennlinien der Kalorisation, dann gilt: Qualitativ reagiert das Meerschweinchen wie der Mensch. Quantitativ kommt es beim Meerschweinchen zu sehr viel höheren Frequenzen als beim Menschen.

In einem zweiten Schritt wird nach Registrierung des Basiskalorigramms eine periphere Läsion rechts gesetzt. Hierfür wird der rechte Nervus statoacusticus operativ durchtrennt. 10 Tage nach der Operation werden 47 Meerschweinchen einer kalorischen Vestibularisprüfung unterzogen. 20 Tage postoperativ werden 44 Tiere kalorisiert.

Der linksgesetzte Warm- bzw. Kaltreiz erzeugt postoperativ einen geringeren Nystagmus als im Basiskalorigramm. Die Reizantwort bleibt deutlich stärker als die des Spontannystagmus. Es kommt stets zur Richtungsumkehr an einem Auge.

Nach dem rechtsgesetzten Warm- bzw. Kaltreiz kommt es postoperativ im statistischen Mittel zu einem Nystagmus, der sehr viel schwächer als praeoperativ ist. Die Frequenzen sind viel geringer als nach linksseitiger Kalorisierung. Sie liegen im Bereich des Spontannystagmus. Eine Richtungsumkehr findet nicht statt.

Im Schmetterlingsschema stellt sich eine rechtsseitige Reaktionshemmung für Kalt- und Warmreiz dar, mit dem Code 1100. Nach Claussen ist dies ein Hinweis für eine periphere Vestibularisläsion der rechten Seite.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

AANTAA, E.: Light-induced and spontaneous variations in the amplitude of the electro-oculogram
Acta oto-laryng. (Stockh.) Suppl. 267, (1970)

AANTAA, E.: On the stability of the corneo-retinal potential during ENG recording
Verhandlungen d. Ges. Neurootol. Aequilibr. Vol. I, 110 - 119, (1975)

AUST, G.: Über das elektronystagmographisch registrierte Nystagmussignal
Verhandlungen d. Ges. Neurootol. Aequilibr. Vol. I, 88 - 109, (1975)

AUST, G.: Über den klinischen Wert der Nystagmusdauer
HNO 20, 86 - 88, (1972)

AUST, G.; CLAUSSEN, C. F.: Elektronystagmographische Untersuchungen zur kalorischen Latenz
Arch. oto-rhino-laryngologica 209, 69 - 82, (1975)

BARANY, R.: Untersuchungen über den vom Vestibularapparat des Ohres reflektorisch ausgelösten rhythmischen Nystagmus und seine Begleiterscheinungen. (Ein Beitrag zur Physiologie und Pathologie des Bogengangapparates)
Mschr. Ohrenheilk. 40, 193 - 295, (1906)

BARANY, R.; WITTMAACK, K.: Funktionelle Prüfung des Vestibular-Apparates
G. Fischer-Verlag, Jena (1911)

BOCHENSKI, I. M.: Die zeitgenössischen Denkmethoden
UTB Francke München 1954

BREUER, J.; KREIDL: Studien über den Vestibularapparat
Wien. Sitz.-Ber., Abt. III, Bd. CXII, 353, (1903)

CLAUSSEN, C. F.: Die quantitative Vestibularisprüfung - eine audiogrammanaloge Auswertung von Nystagmusbefunden
Zschr. f. Laryngol., Rhin., Otol., 48 Jahrg., Dez. 1969, Heft 12, 938 - 944

CLAUSSEN, C. F.; v. SCHLACHTA, I.: Über die Untersuchung der Schwindelkranken im Gleichgewichtsfunktionslabor
Zschr. d. Dtsch. Verb. Techn. Assistentinnen und Assistenten, 17. Jahrg., Heft 8, (1971)

CLAUSSEN, C. F.: Das Frequenzmaximum des kalorisch ausgelösten Nystagmus I als Kennlinienfunktion des geprüften Vestibularoganes
Acta oto-laryng. (Stockh.) 67, 639 - 645, (1969)

CLAUSSEN, C. F.: Audiogrammanaloge Auswertungsschemata in der Vestibulometrie
HNO 19, 276 - 282, (1971)

CLAUSSEN, C. F.; v. LÜHMANN, M.: Das Elektronystagmogramm und die neurootologische Kennliniendiagnostik
edition m + p Dr. Werner Rudat, Hamburg und Neu-Isenburg, 1976

CLAUSSEN, C. F.: Über den Schwindel
HNO, 19, 232 (1971)

CLAUSSEN, C. F.; AUST, G.; v. LÜHMANN, M.: Neurootologische Methoden zur Differenzierung des experimentellen okulären Nystagmus
Ber. d. Dtsch. Ophthalm. Ges. 296 - 301, (1972)

CLAUSSEN, C. F.; LENZ, H.: Über zwei typische vestibulometrische Schmetterlingsmuster bei zentralen Gleichgewichtsstörungen
Zschr. f. Laryngol., Rhin., Otol., 50. Jahrg., Heft 8, 604 - 610, (1971)

CLAUSSEN, C. F.; v. SCHLACHTA, I.; CLAUSSEN, E.: Über neue Wege der klinischen Auswertung von Elektronystagmogrammen in der Neurootologie
Ber. über d. 71. Zusammenkunft d. Dtsch. Ophthalm. Ges., Heidelberg 460 - 465, (1971)

CLAUSSEN, C. F.: Die Gleichgewichtsfunktionsstörung als Modell einer sensomotorischen Funktionsanalyse
Ber. d. physik.-med. Ges. zu Würzburg, Bd. 80, 155 - 165, (1972)

CLAUSSEN, C. F.: Über die quantitative klinische Gleichgewichtsfunktionsdiagnostik mit Hilfe systematischer Auswertungsmodelle
Arch. klin. exp. Ohren-, Nas.- u. Kehlk. Heilk., Bd. 199, Heft 2, 560 - 565, (1971)

CLAUSSEN, C. F.; v. SCHLACHTA, I.: Butterfly chart for caloric nystagmus evaluation
Arch. Otolaryng. Vol. 96, 371 - 375, (Oct. 1972)

CLAUSSEN, C. F.: Über eine Computerdatei mit 3500 Patientendatensätzen als Entscheidungshilfe bei der Bewertung neurootologischer Anamnesen und Funktionsprüfungen (NODEC I)
Arch. klin. exp. Ohr.-, Nas.- u. Kehlk.-Heilk., Bd. 205, 376 - 380, (1973)

CLAUSSEN, C. F.; AUST, G.: Über das kalorisch ausgelöste Nystagmussignal
Arch. klin. exp. Ohr.-, Nas.- u. Kehlk.-Heilk., Bd. 203, 255 - 266, (1973)

COWTHORNE, T.; COBB, W. A.: Temperature changes in perilymphatic space in response to caloric stimulation in man
Acta oto-laryng. 44, 580 - 588, (1954)

DECHER, H.: Zur Technik nystagmographischer Untersuchungen
Zschr. f. Laryng., Rhin., Otol., 43, 757 - 770, (1964)

DECHER, H.: Vestibularis-Feindiagnostik mittels Nystagmographie. Mit einem Geleitwort von Bernhard Langenbeck, Theoret. u. Klin. Med. in Einzeldarstellungen. Hrsg. von H. Schaefer. Bd. 28
Heidelberg: Dr. A. Hüthig-Verlag (1965)

DECHER, H.: Moderne Vestibularisdiagnostik
Med. Welt 1, 18 - 22, (1967)

DUBOIS-REYMOND, E: Untersuchungen ueber thierische Elektrizitaet
Verlag G. Reimer, Berlin (1849)

EVIATAR, A.;
GOODHILL, V.: Vector elektronystagmography: a method of localizing nystagmic impulses within the vestibular system. A preliminary report. Anuals of Otol., Rhinol., Laryngol. (St. Louis), 77, 264 - 274, (1968)

FISCHER, P.-A.: Schwindel: Neurologische Aspekte Dtsch. Ärzteblatt, Heft 40, 2533 - 2537, (1972)

FITZGERALD, G.
HALLPIKE, C. S.: Studies in human vestibular function: I. Observations on the directional preponderance auf caloric nystagmus resulting from cerebral lesions. Brain, 65, 115 - 137, (1942)

FLUUR, E.;
SIEGBORN, J.: Interaction between the utricles and the horizontal semicicular canals Acta oto-laryng. 75, 485 - 488, (1973)

FRENZEL, H.: Calorische Prüfung mittels Wasserfüllung des Gehörganges und mittels Luftgebläses Zschr. f. Hals-Nas.-Ohr.-Heilk., 50, 485 - 292, (1944)

FRENZEL, H.: Zur Systematik, Klinik und Untersuchungsmethodik der Vestibularisstörungen Zschr. f. Hals-Nas.-Ohr.-Heilk., 177, 353 - 395, (1961)

FRÖHLICH, E.: Über die Koordination der Augenbewegungen bei sinusförmiger Blickpendelfolge Inaugural-Dissertation, Universität Würzburg (1976)

GABERSEK, V.: Evolution des réponses elektronystagmographiques après arteriographie Verhandlungen d. Ges. f. Neurootolog. Aequilibr. Vol. IV, 147 - 170, (1975)

GORLIA, O.: Enregistrement de la fréquence du nystagmus au cours des épreuves thermiques. Acta oto-rhino-laryng. Belgica 19, 823 - 830, (1965)

GÜTTICH, H.: Der otogene Schwindel
MMW, 106. Jahrg., Heft 7, 277 - 282, (1964)

HALLPIKE, C. S.: Die kalorische Prüfung
Pract. oto-rhino-laryng. 17, 173 - 178, (1955)

HEMPEL, C. G.: Philosophie der Naturwissenschaften
dtv Naturwissenschaftliche Reihe 1974

HENRIKSSON, N. G.: Electrical analysis of the eye-movements in nystagmus
Inaugural Dissertation Lund (1956)
Ear, Nose und Throat Department, University of Lund, Sweden

HENRIKSSON, N. G.: Speed of slow component and duration in caloric nystagmus
Acta oto-laryng. (Stockh.) Suppl. 125, (1956)

HENRIKSSON, N. G.; CLAUSSEN, C. F.: Leitsymptom: Schwindel aus der Sicht des Hals-, Nasen-, Ohrenarztes
MMW, 112. Jahrg., 44, 1995 - 2000, (1970)

HENRIKSSON, N. G.: Über die Verzeichnung des Nystagmussignales durch den Einfluß elektrischer Zeitkonstanten
Verhandlungen d. Ges. f. Neurootol. Aequilibr. Vol I, 149 - 159, (1975)

HENRIKSSON, N. G.; KOHUT, R. FERNANDEZ, C.: Studies on habituation of vestibular reflexes
Acta oto-laryngol. 53, 334 - 349, (1961)

HINCHCLIFFE, R.: Normal values for caloric tests using elekctro-oculography
J. Laryng., 81, 221 (1967)

HINCHCLIFFE, R.: Validity of measures of caloric test response
Acta oto-laryng. (Stockh.) Suppl. 63, 69 - 73, (1967)

HINCHCLIFFE, R.: Nystagmus rate as an index of caloric test response
Acta oto-laryng. (Stockh.) Suppl. 65, 311, (1968)

HORTMANN, G.: Über technische Besonderheiten gebräuchlicher Elektronystagmographiegeräte Verhandlungen d. Ges. f. Neurootol. Aequilibr. Vol. I, 120 - 134, (1975)

HORTMANN, G.: Der Elektronystagmograph Verhandlungen d. Ges. f. Neurootolog. Aequilibr. Vol. II, 5 - 16, (1975)

JUNG, R.; MITTERMAIER, R.: Zur objektiven Registrierung und Analyse verschiedener Nystagmusformen, vestibulärer, optokinetischer und spontaner Nystagmus in ihren Wechselbeziehungen. Arch. f. Ohr.-, Nas.- u. Kehlk.-Heilk. 146, 410, (1939)

JUNG, R.: Neurophysiologische Untersuchungsmethoden. III. Nystagmographie: Zur Physiologie und Pathologie des optisch-vestibulären Systems beim Menschen. In: Bergmann, G. v. u. Mitarb.: Handbuch der Inneren Medizin, 4. Aufl., Bd. V/1, 1325, J. Springer-Verlag, Berlin (1953)

JUNG, R.; KORNHUBER, H. H.: Results of electronystagmography in man: The value of optokinetic, vestibular and spontaneous nystagmus for neurologic diagnosis and research. Arch. Ophthalm. 66, 437, (1961) und M. Bender: The oculomotor system. Harper & Row Publishers, New York, Evanston, London (1964)

KOMATSUZUKI, A.; HARRIS, H. E.; ALPERT, J.; COHEN, B.: Horizontal nystagmus of Rhesus monkeys Acta oto-laryng. 67, 535 - 551, (1969)

KORNHUBER, H. H.: Physiologie und Klinik des zentral-vestibulären Systems (Blick- und Stützmotorik). In: Berendes, J., Link, R., Zöllner, F.: Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde Bd. III/3, 2150 - 2322, G. Thieme-Verlag, Stuttgart, (1966)

LANG, J.; ESTELRICH, P. R.: Anatomische Grundlagen des vestibulären Gleichgewichts - Verhandlungen d. Ges. f. Neurootol. Aequilibr. Vol. I, 17 - 50, (1975)

LÜCKING, H.: Traumatische Schäden des Hirnstamms
Selecta 11, 3358 - 3364, (1969)

v. LÜHMANN, M.; CLAUSSEN, C. F.: Objektivierung von funktionellem Schwindel nach Schädel-Hirntrauma
Zentralblatt f. Chirurgie, 98. Jahrg., 1183 - 1196, (1973)

MAJEWSKI: Eine neue Methode der klinischen Nystagmographie
Graefes Archiv, XCVI, H 1/2, (1918)

MITTERMAIER, R.; EBEL, B.; KÜBLER, A.; BOESEL, K.: Elektrographische Nystagmusregistrierung
Zsch. f. Laryng.-Rhinol.-Otol., Bd. 31, 115 - 124, (1952)

MITTERMAIER, R.; CHRISTIAN, W.: Dauer, Schlagzahl und Gesamtamplitude des kalorischen Nystagmus
Zschr. f. Laryng.-Rhinol.-Otol., Bd. 33, 20, (1954)

MITTERMAIER, R.: Ergebnisse nystagmographischer Untersuchungen
Pract. oto-rhino-laryng. (Basel), 17, 179, (1955)

MITTERMAIER, R.: Über die Funktion des Vestibularapparates
Dtsch. med. Wschr., 85. Jahrg., 842 - 851, (1960)

MITTERMAIER, R.: Die experimentellen Gleichgewichtsprüfungen
In: Berendes, J., Link, R., Zöllner, F.: Hals- Nasen-Ohren-Heilkunde Bd. III/1, G. Thieme-Verlag, Stuttgart (1965)

MONTANDON, A.: Funktionsprüfungen des Innenohres
G. Thieme-Verlag, Stuttgart (1960)

OHM, J.: Untersuchungen des Augenzitterns
In: Alexander, Marburg: Handbuch der Neurologie des Ohres in 3 Bänden, 1089 - 1117,
Berlin - Wien: Urban & Schwarzenberger, (1924)

PULEC, J. C.: The surgical treatment of vertigo
The Laryngoscope Vol LXXIX, N° 10,
p.p. 1783 - 1822, (1969)

REMKY, H.: Auge und Schwindel
MMW 107, 422, (1965)

RUTTIN, E.: Klinik der serösen und eitrigen Labyrinth-Entzündungen
Verlag von Josef Safar, Wien und Leipzig,
43 - 45, (1922)

SCHERPE, W.: Das Problem Schwindel in der Allgemeinpraxis
Ärztl., Praxis 19, 771, (1967)

SCHERZER, E.: Die Bestimmung des Todeszeitpunktes
Separatum anl. des Kongr. i. d. Wiener Hofburg Mai 1972,
W. Maudrich-Verlag, Wien (1973)

SCHERZER, E.: Abgrenzung und Beurteilung des vestibulären Schwindels
Forschung und Praxis der Begutachtung,
9, 84 - 96, (1972)

SCHOTT, E.: Über die Registrierung des Nystagmus und anderer Augenbewegungen vermittels des Saitengalvanometers
Dtsch. Arch. Klin. Med., 140, 79 - 90,
(1922)

SCHRADER, A.: Leitsymptom: Schwindel
MMW, Jahrg. 108, Heft 13, 685 - 693, (1966)

STENGER, H. H.: Schwindelanalyse, Untersuchung auf Spontan- und Provokationsnystagmus
In: Berendes, J., Link, R., Zöllner, F.: Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde Bd. III/1,
G. Thieme-Verlag, Stuttgart, 540 - 577,
(1965)

STENGER, H. H.: Schwindel als vestibuläres Symptom
Dtsch. Ärzteblatt 40, 2523 - 2532, (1972)

TOROK, N.: Significance of the frequency in caloric nystagmus
Acta oto-laryng. (Stockh.) Suppl. 36,
38 - 49, (1948)

TOROK, N.: The culmination phenomenon and frequency pattern of the thermic nystagmus
Acta oto-laryng. (Stockh.) Suppl. 48, 530, (1957)

TOROK, N.; NYKIEL, F.: Frequency meter for Nystagmus Analysis
Acta oto-laryng. (Stockh.) Suppl. 54, 363, (1961)

TOROK, N.: Some observations on culmination and directional preponderance of the post-stimulatory nystagmus
The laryngoscope, Vol. 72, 1, 79 - 103, (1962)

TOROK, N.: How vestibular test results can be utilized
American Acad. of Ophthalm. and Otolaryng., Vol. 71, 416 - 420, (1967)

TOROK, N.; DERBYSHIRE, A. J.: Computation of the nystagmogram
Acta oto-laryng. (Stockh.) Suppl. 65, 70 - 78, (1968)

Herrn Professor Dr. med. Claus-Frenz Claussen gilt mein aufrichtiger Dank für die Überlassung des Themas, die Anleitung und die großzügige Unterstützung bei der Durchführung der Experimente und der Auswertung der Ergebnisse.

Ebenso gilt mein Dank Herrn Dr. med. Pedro Rodolfo Estelrich, La Plata, der die operative Durchtrennung des Nervus statoacusticus durchführte.

LEBENSLAUF

Am 21. 5. 1950 wurde ich in Stuttgart als Sohn von Dr. rer. nat. Elfriede, geb. Mallison, und Dr. phil. Martin Wiebel geboren. Zwischen 1957 und 1962 besuchte ich die Volksschule in Bad Godesberg und Meudon (Frankreich). In Rom ging ich von 1962 an in die Deutsche Schule und legte dort 1970 das Abitur ab.

Das Medizinstudium nahm ich 1970 in Hannover auf, wo ich 1971 das Vorphysikum und 1973 das Physikum bestand. Von 1973 an setzte ich mein Studium in Würzburg fort und bestand 1976 das Staatsexamen.

Nach einem Jahr als Medizinalassistent an der Chirurgischen Abteilung des Kreiskrankenhauses Achern und der Medizinischen Klinik der St. Vincentius-Krankenhäuser in Karlsruhe erwarb ich die Approbation 1978. Zur Zeit arbeite ich zu meiner fachärztlichen Weiterbildung in der Medizinischen Klinik der St. Vincentius-Krankenhäuser in Karlsruhe.

M. Wiebel

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80